

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-047920
(43)Date of publication of application : 20.02.1998

(51)Int.Cl. G01B 11/00
G01C 3/06
G06T 7/00
H04N 7/18

(21)Application number : 08-208225

(71)Applicant : KOMATSU LTD
OOJISU SOKEN:KK
SATO KOSUKE

(22)Date of filing : 07.08.1996

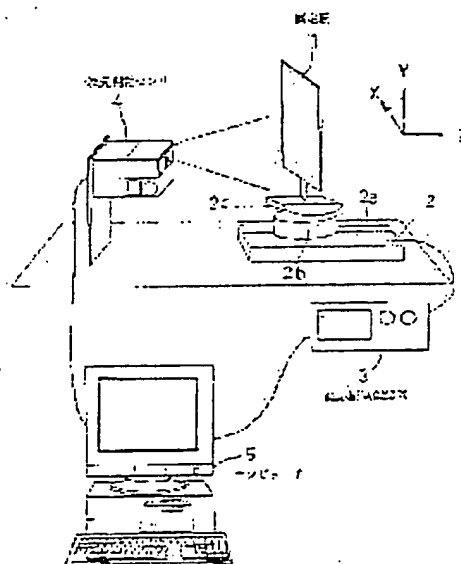
(72)Inventor : HIROSE SHOZO
YASUKAWA MOTOHIDE
SATO KOSUKE
KATAOKA TAKAYUKI

(54) CALIBRATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a calibration method wherein higher precision can be attained by removing errors to be caused by binarizing process.

SOLUTION: A distance image at each moving point when a measurement plate 1, as a calibration object, is moved by yaw rotation, pitch rotation and back and forth movement against a 3-dimension visual sensor 4, is obtained with the 3-dimension visual sensor 4, and the obtained distance image is processed for the providing 3-dimension coordinate value of each pixel for each distance image, so that a calibration value is obtained from the obtained 3-dimension coordinate value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.03.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3453734
[Date of registration] 25.07.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-47920

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	11/00		G 0 1 B 11/00	H
G 0 1 C	3/06		G 0 1 C 3/06	Z
G 0 6 T	7/00		H 0 4 N 7/18	Z
H 0 4 N	7/18		G 0 6 F 15/62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-208225

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月7日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(71) 出願人 000103482

株式会社オージス総研

大阪市西区千代崎三丁目南2番37号

(71) 出願人 597077241

佐藤 宏介

奈良県生駒市高山町8916-5 大学宿舍A
503

(74) 代理人 弁理士 井上 勉

最終頁に続く

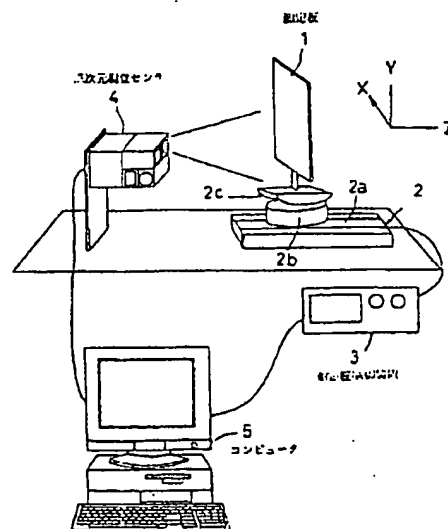
(54) 【発明の名称】 キャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 二値化処理による誤差を除去して高精度化を図ることのできるキャリブレーション方法を提供する。

【解決手段】 較正用対象物としての測定板1を三次元視覚センサ4に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像をその三次元視覚センサ4にて取得し、この取得された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正值を得る構成とする。

本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投光手段により被測定物の表面に光を照射してその反射光を撮像手段により撮像し、この撮像される反射光の情報から三角測量の原理に基づき前記被測定物の位置を計測する三次元計測装置におけるキャリブレーション方法であって、

較正用対象物を前記撮像手段に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像を前記撮像手段にて撮像し、この撮像された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正值を得ることを特徴とするキャリブレーション方法。

【請求項 2】 前記撮像手段により撮像された距離画像を処理するに際し、一つの画像について特定の画素の周囲のメディアン値をその画素の距離画像として設定するとともに、こうして得られる距離画像を各位置で複数回設定しそれら複数回のメディアン値をその画素の距離画像の補正值として設定する請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、カメラ等の撮像手段により被測定物の三次元位置を計測するのに必要とされる三次元計測装置におけるキャリブレーション方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の三次元計測装置におけるキャリブレーション方法として、図 19 に示される方法が知られている（例えば特開平 5-248819 号公報参照）。この方法は、較正用対象物として座標を示す方眼線 51（もしくは多数の点）が刻まれた測定板 52 を用い、この測定板 52 を制御装置 53 によって前後に移動させながら三次元視覚センサ 54 によって方眼線 51 を認識してコンピュータ 55 で処理することによって較正データを得るものである。この場合、方眼線 51 を認識するに際し、二値化処理と称する画像処理手法が用いられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述されている従来のキャリブレーション方法では、方眼線 51 を画像処理により抽出する際に、この方眼線 51 が光の環境によってかすれて綺麗に抽出できなかったり、あるいは方眼線 51 の中心が抽出できずに偏った線を抽出してしまい、この結果得られた座標値が正確な位置からずれてしまつて精度の良いキャリブレーションが行えないという問題点があった。

【0004】 本発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、二値化処理による誤差を除去して高精度化を図ることのできるキャリブレーション方法を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段および作用・効果】 前述の目的を達成するために、本発明によるキャリブレーション方法は、投光手段により被測定物の表面に光を照射してその反射光を撮像手段により撮像し、この撮像される反射光の情報から三角測量の原理に基づき前記被測定物の位置を計測する三次元計測装置におけるキャリブレーション方法であって、較正用対象物を前記撮像手段に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像を前記撮像手段にて撮像し、この撮像された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正值を得ることを特徴とするものである。

【0006】 本発明のキャリブレーション方法においては、例えば測定板のような較正用対象物をカメラ等の撮像手段に対して一定量ずつヨー回転、ピッチ回転もしくは前後移動させながら、各移動点での距離画像が撮像手段にて取得される。そして、この取得された距離画像が処理されることによって各画素のその距離画像毎の三次元座標値が求められ、この求められる三次元座標値より較正值が得られる。

【0007】 本発明によれば、較正用対象物の回転および前後移動によって各画素の明暗情報と置き換えられた 256 段階の距離情報と三次元座標値との対応表（ルックアップテーブル）が作成されるので、従来の方眼線を画像処理により抽出するものにおけるような二値化処理による誤差の発生を排除することができ、高精度のキャリブレーションを実現することができる。

【0008】 本発明においては、前記撮像手段により撮像された距離画像を処理するに際し、一つの画像について特定の画素の周囲のメディアン値をその画素の距離画像として設定するとともに、こうして得られる距離画像を各位置で複数回設定しそれら複数回のメディアン値をその画素の距離画像の補正值として設定するのが好ましい。こうすることで、較正用対象物の表面の乱反射等によって取得画像の画素値が歪んだ場合でも、ノイズを除去して取得画像のスムージング処理を行うことができ、より高精度なキャリブレーションを行うことが可能となる。

【0009】

【発明の実施の形態】 次に、本発明によるキャリブレーション方法の具体的実施例につき、図面を参照しつつ説明する。

【0010】 図 1 に、本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図が示されている。本実施例の三次元計測装置は、無地の平板により構成される較正用対象物としての測定板 1 と、この測定板 1 を所望位置に移動させる測定板移動装置 2 と、この測定板移動装置 2 を制御する測定板制御装置 3 と、前記測定板 1 に対位して設けられる三次元視覚センサ 4 と、前記測定板制御装置

3を制御するとともに前記測定板1の移動位置に応じて前記三次元視覚センサ4により取得された距離画像を保存・処理するコンピュータ5とを備えている。

【0011】前記測定板移動装置2は、直動スライダ2aと、この直動スライダ2a上に回転テーブル2bを介して設けられるゴニオ回転装置2cとを備え、これによって測定板1が三次元視覚センサ4に対してヨー回転（上下回転軸回りの回転）、ピッチ回転（水平回転軸回りの回転）および前後移動可能に構成されている。また、前記三次元視覚センサ4は、測定板1の表面にレーザ光（コード化パターン光）を照射するレーザ照射部と、この測定板1の表面からの反射光を撮像する撮像手段としてのCCDカメラとを備え、このCCDカメラにより取得された画像がコンピュータ5に送られるようになっている。こうして、コンピュータ5からの制御信号に基づいて測定板1を一定量ずつ移動させながら各移動点での距離画像が三次元視覚センサ4にて取得される。

【0012】この三次元視覚センサ4は、当該三次元視覚センサ4と測定板1との遠近距離を、近いところは明るく、遠いところは暗く表示するというように明暗情報に置き換えて出力する。そして、この明暗を示す値が実際にはどのような三次元座標に対応するかがキャリブレーションを実施することによって教示される。

【0013】次に、本実施例におけるキャリブレーション方法を図15乃至図18を参照しつつ、図2乃至図14に示されるフローチャートにしたがって説明する。

【0014】まず、X方向の位置データを格納するX方向のルックアップテーブルを作成するためのフローを図2乃至図6によって説明する。

【0015】S1：三次元視覚センサ4に対して測定板1の移動軸の全軸、言い換えれば上下回転軸（Y軸）、水平回転軸（X軸）および前後移動軸（Z軸）の各軸を測定基準としての原点に移動させる。

S2：X方向の距離画像データを取得するために、図15（a）に示されるように、三次元視覚センサ4に対して測定板1を上下回転軸まわりに $+30^\circ$ すなわち鉛直に $+30^\circ$ の角度をつけて設置する。

【0016】S3～S5：三次元視覚センサ4のCCDカメラにより測定板1の距離画像データを取得し、この取得画像を、測定板1の表面の反射等によるノイズを除去するためにメディアンフィルタ（平滑化フィルタ）により補正する。なお、このメディアンフィルタは、計測すべき画素の濃度値をその画素の近傍領域（例えば 3×3 ）のメディアン値（中央値）によって置き換えるものである。そして、この処理は各位置での画像を3回取得するまで繰り返される。

【0017】S6～S7：各位置で3回の距離画像が取得されると、同一画素の値を比較してそのメディアン値（中央値）を求め、このメディアン値を最終的な距離画像として設定する。この後、この得られた距離画像をコ

ンピュータ5内の記憶装置における距離画像ファイルに書き込む。

【0018】S8～S9：測定板1の前後位置を一定ピッチ（例えば0.1mm）だけ後方にずらせて前述と同様にして距離画像データを取得し、このデータの取得を全距離画像ファイル分（1500回）繰り返してX軸の正回転時の距離画像ファイルxp0.ckd～xp1499.ckdに書き込む。こうして、例えば75mm～125mmの測定範囲におけるX軸の正回転時の全ての距離画像データを取得する。

【0019】S10～S11：次に、図15（b）に示されるように、三次元視覚センサ4に対して測定板1を鉛直に -30° の角度をつけて設置するとともに、この測定板1を前後方向に原点位置まで戻す。

【0020】S12～S18：前述のS3～S9と同様の処理を行って、例えば75mm～125mmの測定範囲におけるX軸の負回転時の全ての距離画像データを取得し、この取得データをX軸の負回転時の距離画像ファイルxn0.kmt～xn1499.kmtに書き込む。

【0021】S19：X方向のルックアップテーブルを作成するために、まず初期設定を行う。この初期設定においては、ルックアップテーブルのX座標を示すlut-x（X軸の正回転時）およびlut-w（X軸の負回転時）に不定値を設定する。

S20～S22：前述のようにして作成されたX軸の正回転時の距離画像ファイルxp0.kmtからxp1499.kmtを読み込む。

【0022】S23～S26：測定板1の設置の仕方によっては得られる距離画像データに切れ目が存在してそのデータがノイズとなるために、このノイズを排除するための処理を行う。すなわち、まず距離画像 $i \times j$

（ i ：256画素、 j ：242画素）の各画素毎に一つ前の画像データと比較し、例えば画像データxp10.kmtのn行m列の画素の値とその一つ前の位置の画像データxp.kmtの同じくn行m列の画素の値とを比較し、その画素が先頭から50mm以内にあり、かつ前後の画素の値の差が128以上である場合、このデータを無効にするためにその画素の位置のlut-x[m][n][0]～lut-x[m][n][255]の値を不定値にする。

S27～S28：画素値のlut-xの値が不定値であるとき、その画素のlut-xに読み込んだファイルを撮り込んだ時の移動距離を設定する。ここでは、ファイルのxp α .kmtの α の部分がファイルの順を表し、このファイル番号の α に0.1を掛けると移動量になる（ $\alpha \times 0.1$ mm）。これにより、各画素の最初に現れたコード値の位置がlut-xに記憶される。

【0023】S29： i ：256画素、 j ：242画素の全ての画素についてS23～S28の処理を行う。

S30:全ての距離画像ファイルx p 0. kmt ~ x p 1499. kmtについて処理がなされたか否かを確認する。

【0024】S31~S41: X軸の負回転時の距離画像ファイルx n 0. kmt ~ x n 1499. kmtについて、前述のX軸の正回転時の距離画像ファイルx p 0. kmt ~ x p 1499. kmtにおける処理(S20~S28)と同様の処理を行って、各画素のl u t - wに読み込んだ画素位置を設定する。

【0025】S42~S49:各画素の画素のもつ値(Z:0~255)について、X軸正回転時における初期位置からのZ軸方向の相対距離を $i p = l u t - x [i] [j] [z]$ およびX軸負回転時における初期位置からのZ軸方向の相対距離 $i n = l u t - w [j] [i] [z]$ として、指定画素値が最初に見つかった位置をそれら $i p$ および $i n$ に設定する。そして、これら $i p$ および $i n$ が不定値でないときに、次式によってその位置の画素値に対するX座標を算出する。

$$X = (i p - i n) / (2 \times \tan \theta) \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

θ :測定板1の傾斜角度

図16に示されているように、この①式において、($i p - i n$)はX軸正回転時における画像位置とX軸負回転時における画像位置との差を表す。したがって、測定板1の正回転時と負回転時の同じ画素値を表す点AのX座標は①式で表される。なお、この点AのX座標は、メモリの節約のために前述のメモリ $i u t - x [i] [j] [z]$ 内に格納される。一方、 $i p$ もしくは $i n$ が不定値のときには、メモリ $i u t - x [j] [i] [z]$ に不定値を設定する。

【0026】S50:前述のS42~S49の処理を i :256画素、 j :242画素の全ての画素について行い、X方向のルックアップテーブルを完成させてフローを終了する。

【0027】次に、Y方向の位置データを格納するY方向のルックアップテーブルは図7乃至図11に示されるT1~T44の各ステップにしたがって作成される。

【0028】このY方向のルックアップテーブル作成のためのフローは、図17(a)(b)に示されるように、測定板1を水平に $\pm 20^\circ$ の角度をつけて設置する(ステップT2, T10参照)ことによりY方向の距離画像データを取得してその距離画像データを距離画像ファイルy p 0. kmt ~ y p 1499. kmtおよびy n 0. kmt ~ y n 1499. kmtに書き込む以外は、図2乃至図6に示されるS1~S50の各ステップにおける処理と同様である。したがって、このフローの詳細内容については説明を省略することとする。

【0029】続いて、Z方向の位置データを格納するZ方向のルックアップテーブルを作成するためのフローを図12乃至図14によって説明する。

【0030】U1:三次元視覚センサ4に対して測定板

1の移動軸の全軸、言い換えれば上下回転軸(Y軸)、水平回転軸(X軸)および前後移動軸(Z軸)の各軸を測定基準としての原点に移動させる。

【0031】U2~U4:三次元視覚センサ4のCCDカメラにより測定板1の距離画像データを取得し、この取得画像を、メディアンフィルタ(平滑化フィルタ)により補正する。そして、この処理は各位置での画像を3回取得するまで繰り返される。

【0032】U5~U6:各位置で3回の距離画像が取得されると、同一画素の値を比較してそのメディアン値(中央値)を求め、このメディアン値を最終的な距離画像として設定する。この後、この得られた距離画像をコンピュータ5内の記憶装置における距離画像ファイルに書き込む。

【0033】U7~U8:測定板1の前後位置を一定ピッチ(例えば0.1mm)だけ後方にずらせて前述と同様にして距離画像データを取得し、このデータの取得を全距離画像ファイル分(1000回)繰り返してZ軸の距離画像ファイルz 0. kmt ~ z 999. kmtに書き込む。こうして、例えば100mm~200mmの測定範囲におけるZ軸の全ての距離画像データを取得する。

【0034】U9:Z方向のルックアップテーブルを作成するために、まず初期設定を行う。この初期設定においては、ルックアップテーブルのZ座標を示す $i u t - z$ に不定値を設定する。

U10~U11:前述のようにして作成されたZ軸の距離画像ファイルの画素位置z 0. kmtを読み込む。

【0035】U12~U15:図2乃至図6のステップS23~S26と同様にして得られる距離画像データのノイズを排除するための処理を行う。すなわち、まず i 、 j の各画素(i :256画素、 j :242画素)毎に一つ前の画像データと比較し、その画素が先頭から50mm以内にあり、かつ前後の画素の差が128以上である場合、このデータを無効にするためにその画素の $i u t - z$ の値を不定値にする。

U16~U17:画素値の $i u t - z$ の値が不定値であるとき、その画素の $i u t - z$ に読み込んだファイルを撮り込んだ時の移動距離を設定する。これにより、各画素の最初に現れたコード値の位置が $i u t - z$ に記憶される。

【0036】U18: i :256画素、 j :242画素の全ての画素についてU11~U17の処理を行う。

U19:全ての距離画像ファイルz 0. kmt ~ z 999. kmtについて処理がなされたか否かを確認する。

【0037】U20~U25:各画素の画素のもつ値(Z:0~255)について、指定画素値が最初に見つかった位置をそれら $i = i u t - z [j] [i] [z]$ に設定する。そして、この i が不定値でないときに、この i の値を $i u t - z [j] [i] [z]$ に格納するこ

とによりその位置の画素値に対するZ座標を算出する。
一方、iが不定値のときには、全ての画素値であるか否かを確認してステップU22へ戻る。

【0038】U26：前述のU22～U25の処理を
i：256画素、j：242画素の全ての画素について
行い、Z方向のルックアップテーブルを完成させてフローを終了する。

【0039】本実施例によれば、無地の板を用いて各画素の明暗情報と三次元座標値との対応表（ルックアップテーブル）が作成されるので、従来の方眼線を画像処理により抽出するものに比べ格段に高精度化を図ることができる。

【0040】本実施例においては、距離画像を処理するに際しメディアン値を用いて補正するものとしたが、このメディアン値の代わりに平均値を用いて補正することもできる。また、1回目の補正をメディアン値により行い、2回目の補正を平均値により行うというように、これらメディアン値による補正と平均値による補正とを組み合わせで行うことも可能である。

【0041】本実施例においては、測定板にコード化パターン光を照射して三次元画像を取得するものを説明したが、本発明は、2台のカメラによって三次元画像を取得するものに対しても適用できるのは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図である。

【図2】図2は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①である。

【図3】図3は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②である。

【図4】図4は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③である。

【図5】図5は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④である。

【図6】図6は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤である。

【図7】図7は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑥である。

【図8】図8は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑦である。

【図9】図9は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑧である。

【図10】図10は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑨である。

【図11】図11は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑩である。

【図12】図12は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑪である。

【図13】図13は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑫である。

【図14】図14は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑬である。

【図15】図15は、X方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

【図16】図16は、X方向の距離画像データの計算方法説明図である。

【図17】図17は、Y方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

【図18】図18は、Z方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

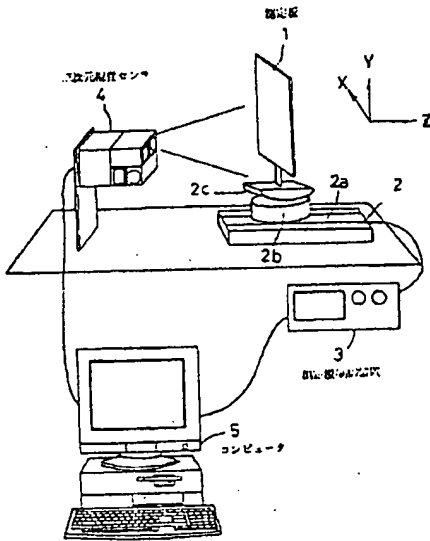
【図19】図19は、従来のキャリブレーション方法説明図である。

【符号の説明】

- 1 測定板
- 2 測定板移動装置
 - 2a 直動スライダ
 - 2b 回転テーブル
 - 2c ゴニオ回転装置
- 3 測定板制御装置
- 4 三次元視覚センサ
- 5 コンピュータ

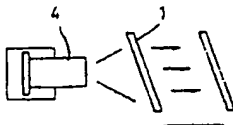
【図1】

本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図

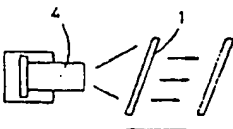


【図15】

X方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



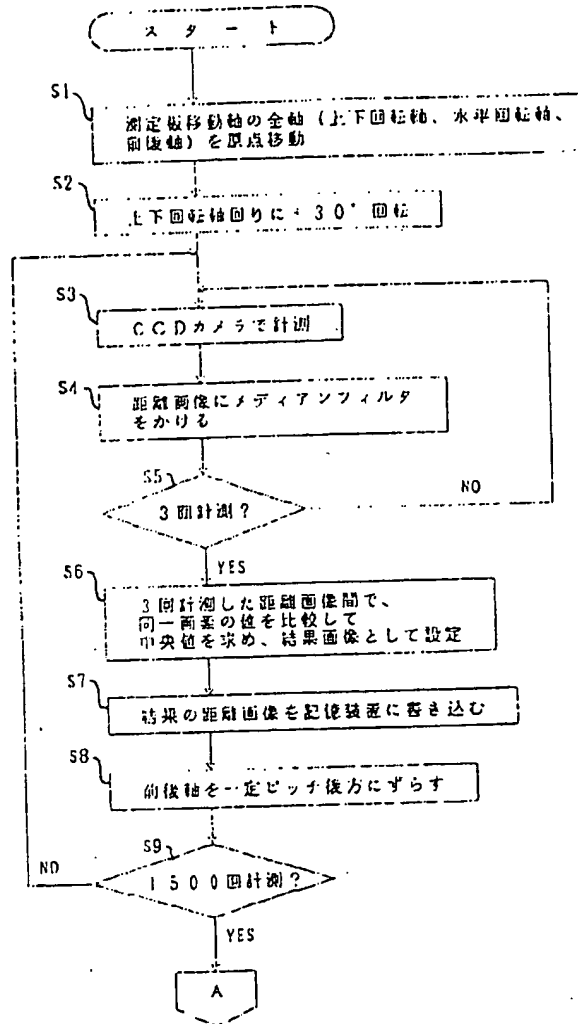
(a)



(b)

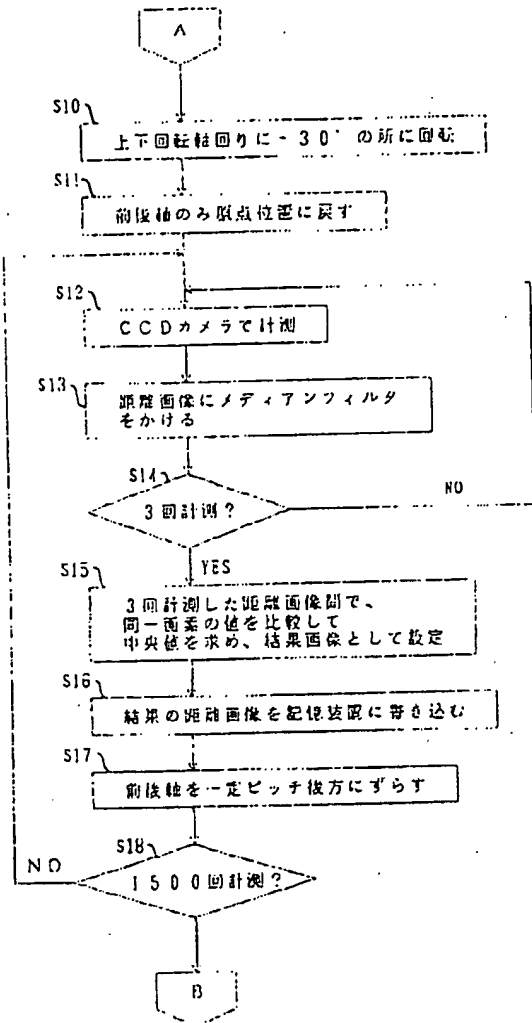
【図2】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



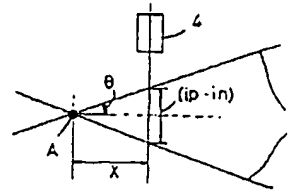
【図3】

X方向のバックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



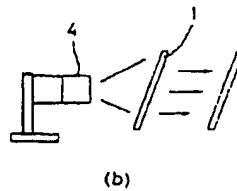
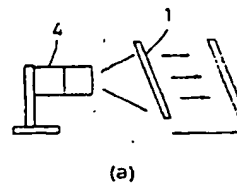
【図16】

X方向の距離画像データの計算方法説明図



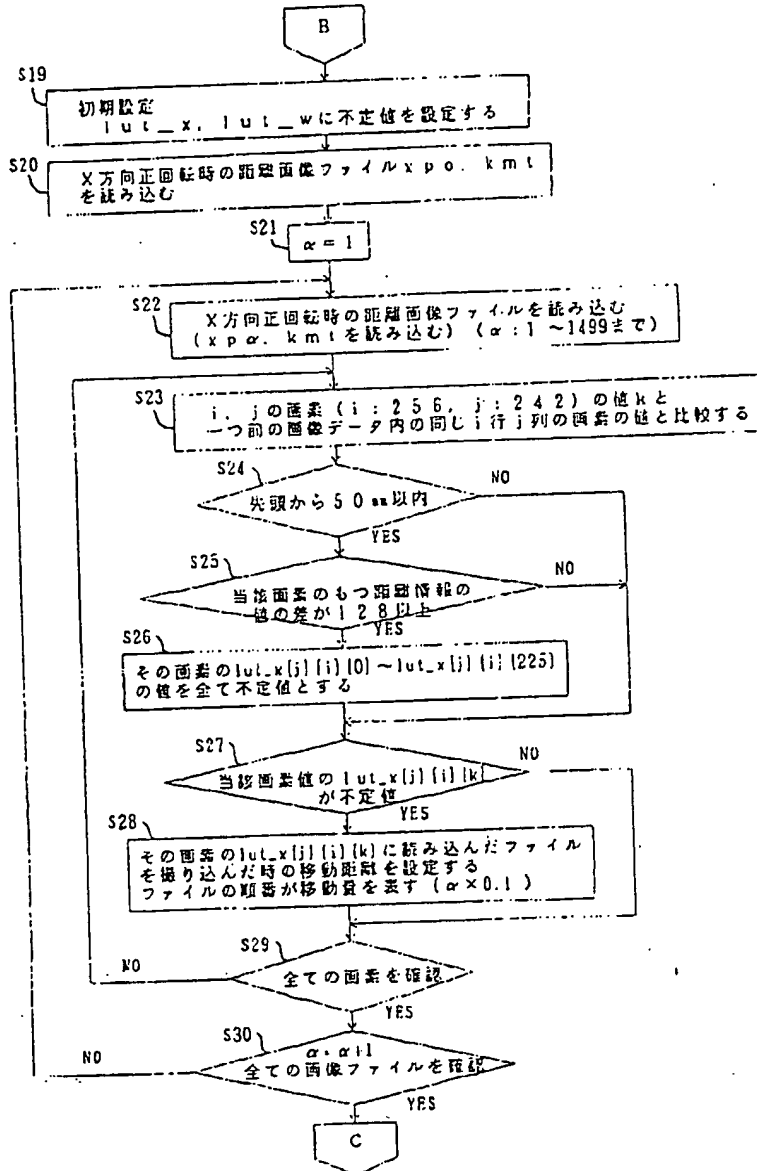
【図17】

Y方向の距離画像取得のための測定装置の移動状態説明図



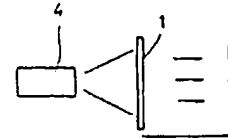
【図4】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



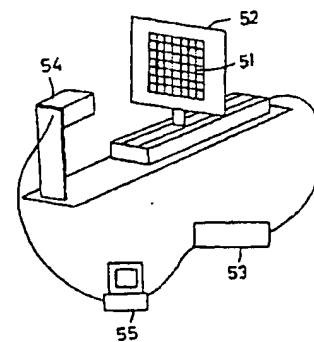
【図18】

Z方向の距離画像取得のための固定板の移動試験装置図



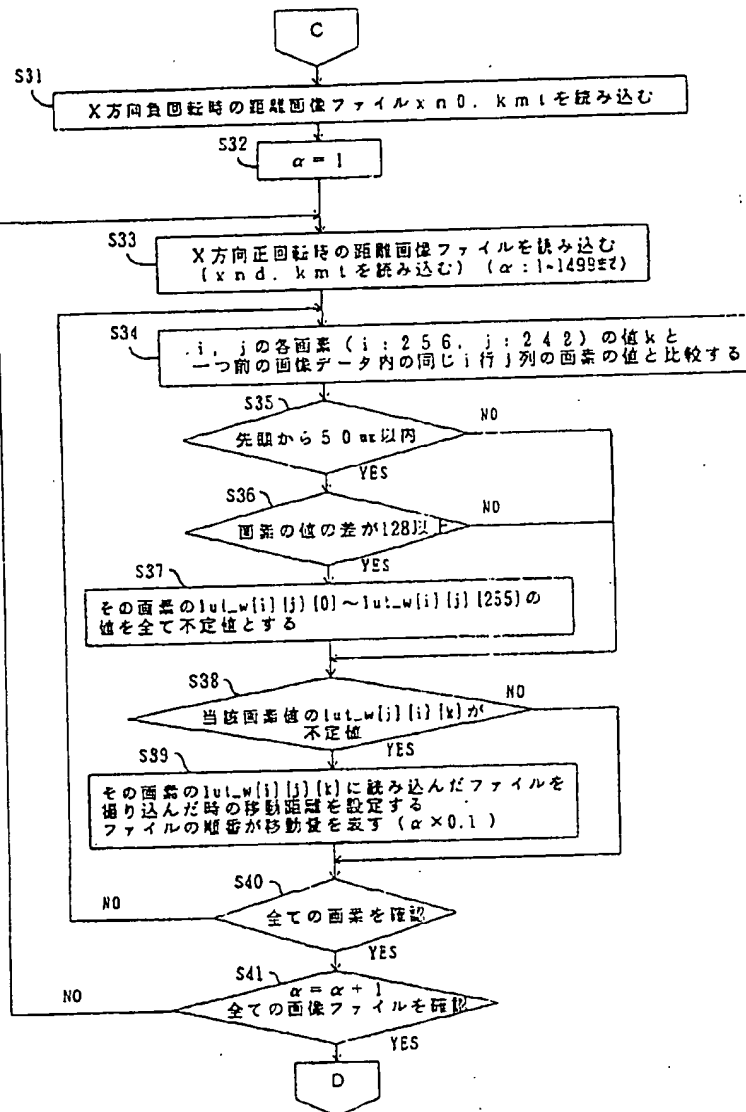
【図19】

従来のキャリブレーション方式識別図



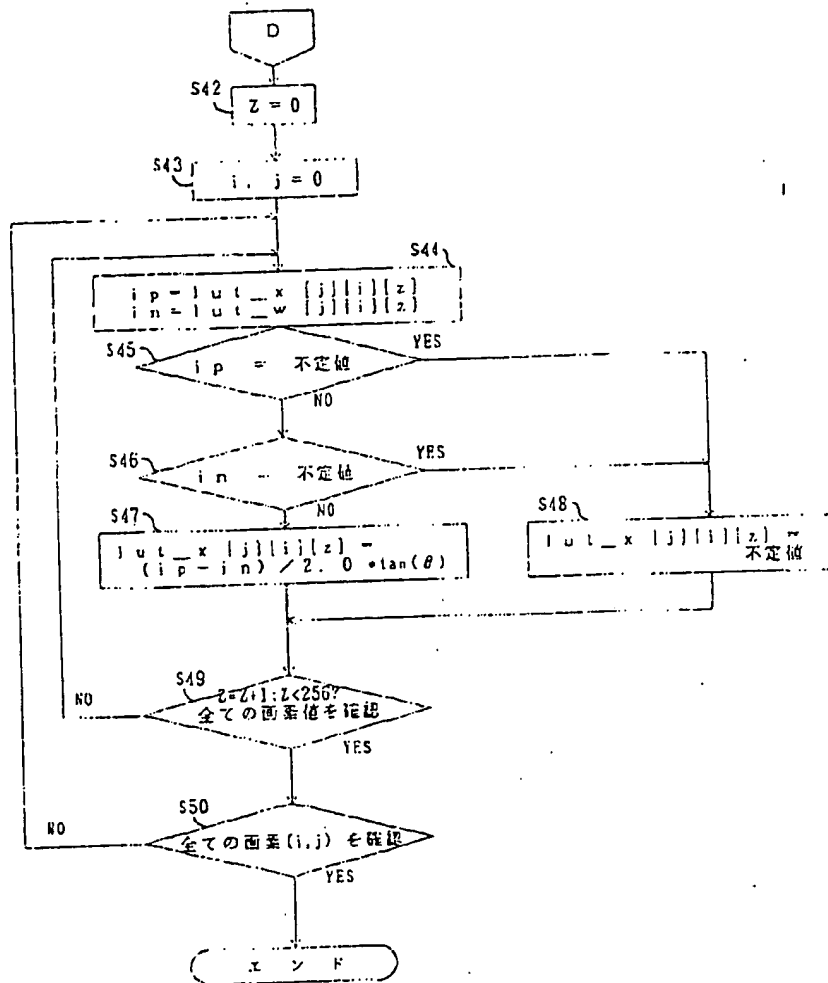
【図5】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



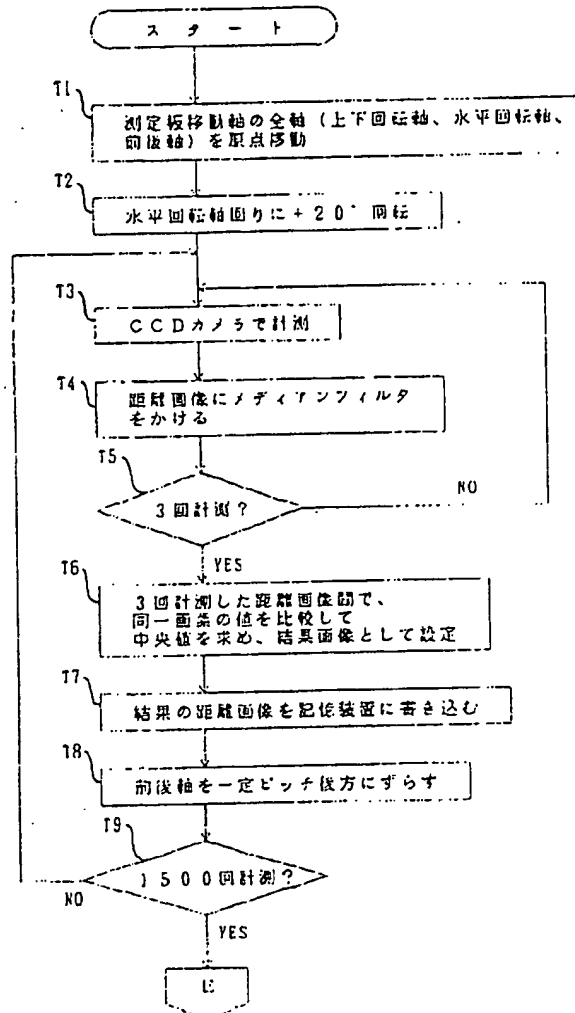
【図6】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



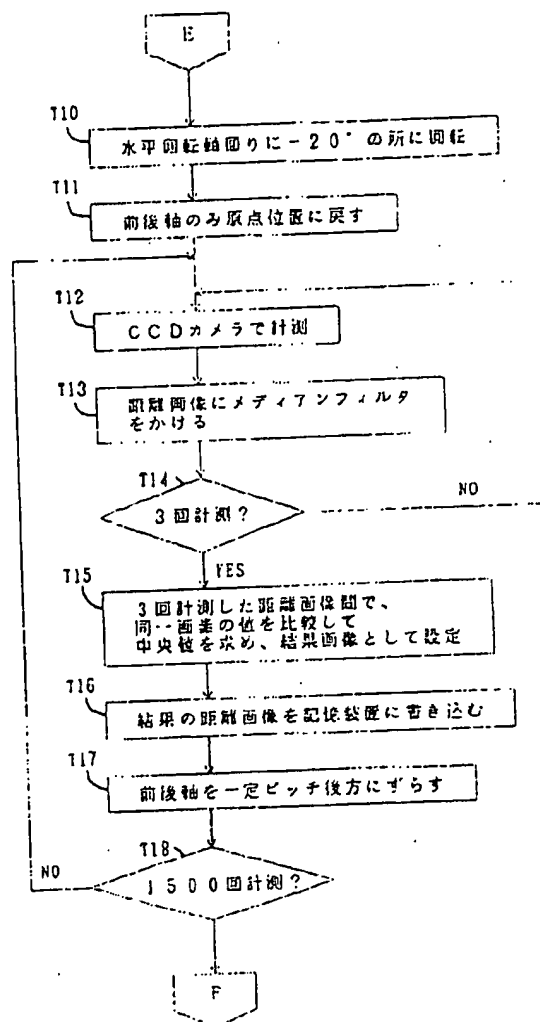
【図7】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



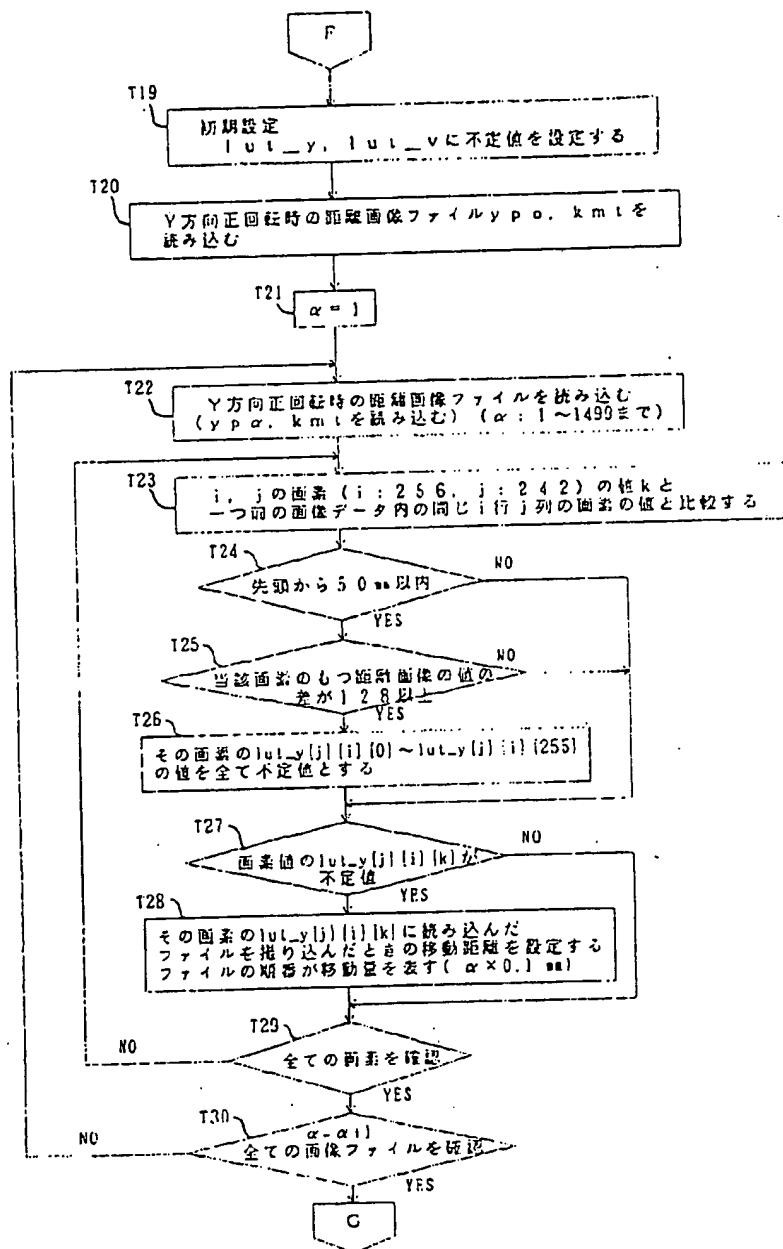
【図8】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



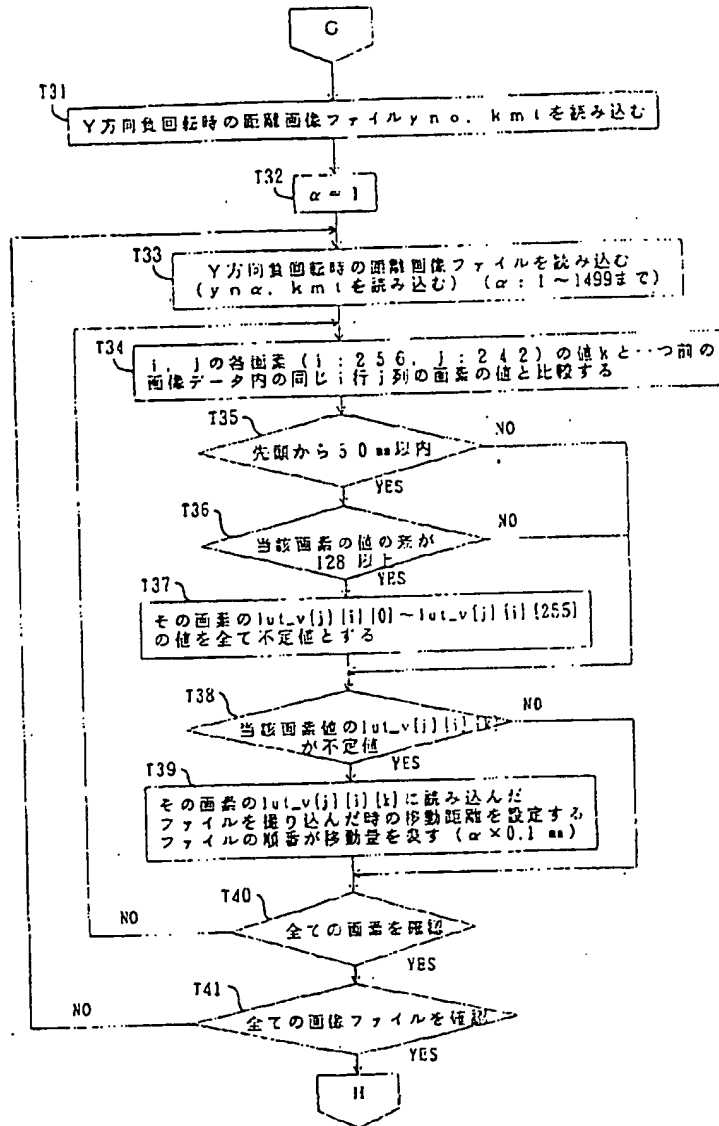
【図9】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑨



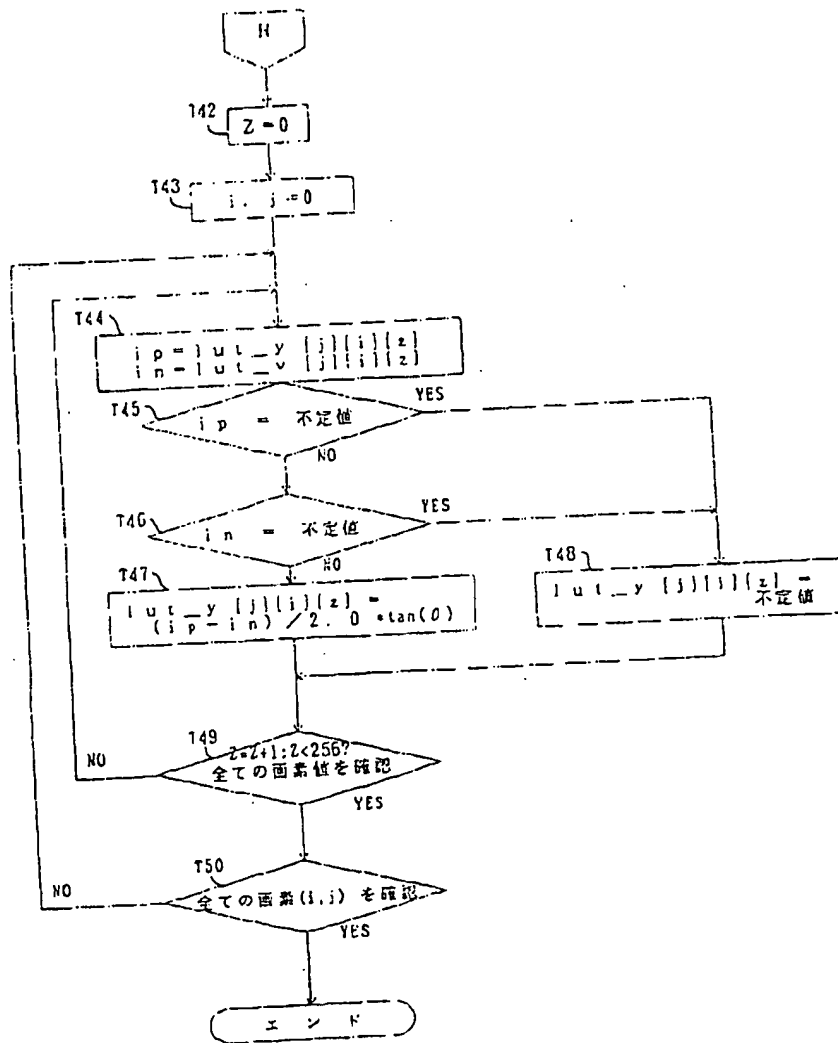
【図10】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④



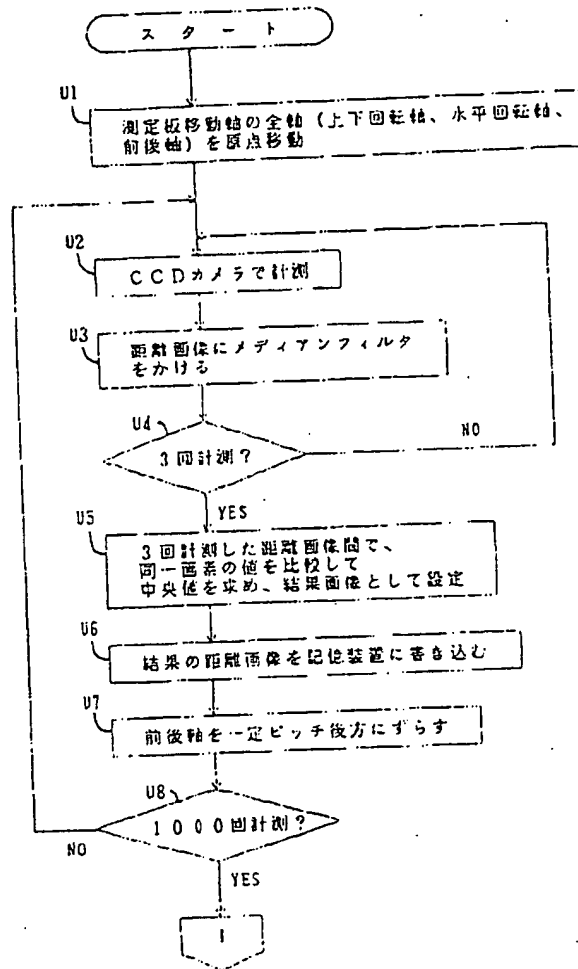
【図11】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



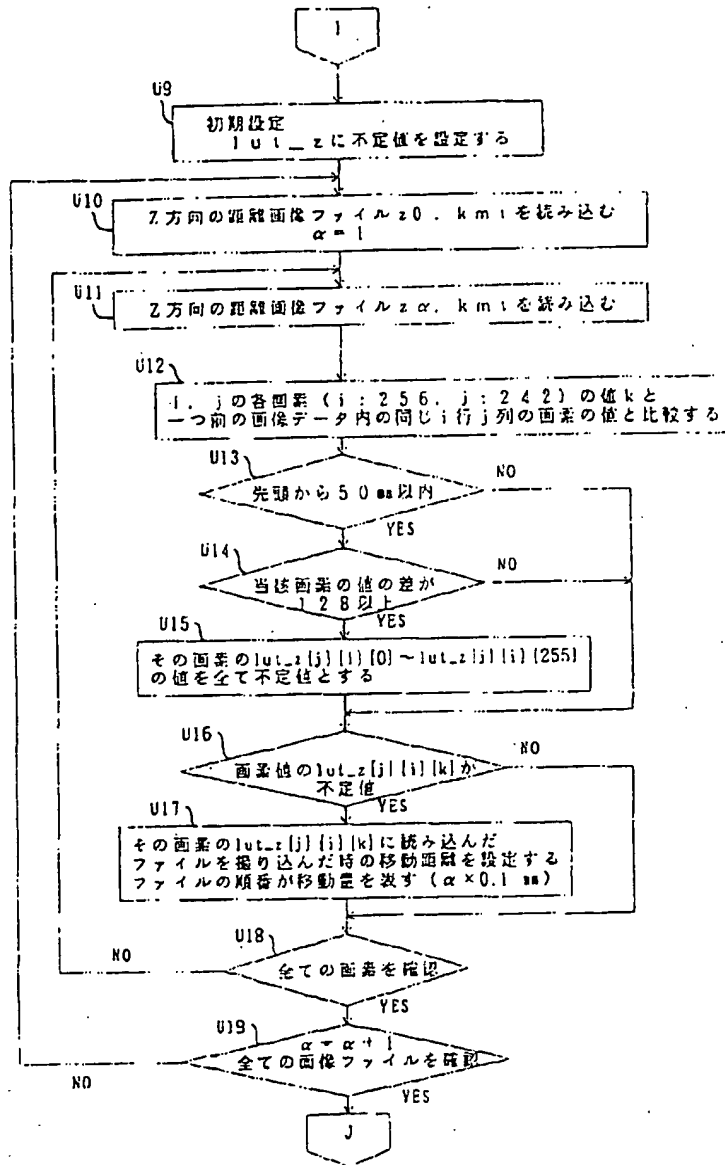
【図12】

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



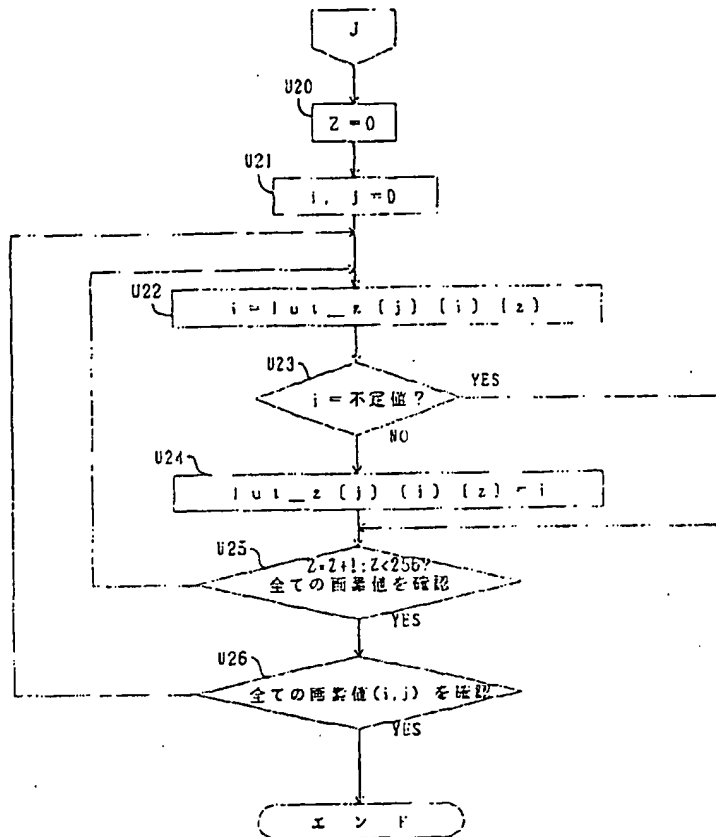
【図13】

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



【図14】

2方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



フロントページの続き

(72)発明者 廣瀬 尚三
 大阪市住之江区南港東8-2-12 株式会
 社オービス総研内

(72)発明者 安川 元英
 大阪市住之江区南港東8-2-12 株式会
 社オービス総研内

(72)発明者 佐藤 宏介
 奈良県生駒市高山町8916-5 大学宿舎A
 503

(72)発明者 片岡 隆之
 大阪府枚方市上野3-1-1 株式会社小
 松製作所生産技術研究所内

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the calibration approach in the three-dimensions metering device needed for measuring the three-dimensions location of a device under test with image pick-up means, such as a camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the approach shown in drawing 19 is learned as the calibration approach in this kind of three-dimensions metering device (for example, refer to JP,5-248819,A). This approach obtains proofreading data using the measurement plate 52 with which the grid line 51 (or many points) which shows a coordinate as an object for proofreading was minced by recognizing the grid line 51 and processing by computer 55 with the three-dimensions visual sensor 54, moving this measurement plate 52 forward and backward with a control unit 53. In this case, it faces recognizing the grid line 51 and the image-processing technique called binarization processing is used.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there was a trouble that it cannot extract finely or the line toward which it inclined, without this grid line's 51 becoming blurred according to the environment of light, and being able to extract the core of the grid line 51 is extracted in case an image processing extracts the grid line 51, the coordinate value obtained as a result shifted from an exact location by the conventional calibration approach mentioned above, and an accurate calibration could not be performed.

[0004] This invention was made in order to cancel such a trouble, and it aims at offering the calibration approach that the error by binarization processing can be removed and highly precise-ization can be attained.

[0005]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to attain the above-mentioned purpose, the calibration approach by this invention Irradiate light on the surface of a device under test with a floodlighting means, and the reflected light is picturized with an image pick-up means. It is the calibration approach in the three-dimensions metering device which measures the location of said device under test based on the principle of triangulation from the information on this reflected light picturized. The depth map in each moving point when moving the object for proofreading to said image pick-up means yaw rotation, pitch rotation, and approximately is picturized with said image pick-up means. This picturized depth map is processed, the three-dimensions coordinate value for said every depth map of each pixel is calculated, and it is characterized by obtaining calibration value from this three-dimensions coordinate value calculated.

[0006] In the calibration approach of this invention, the depth map in each moving point is acquired with an image pick-up means, moving an object for proofreading like a measurement plate to image pick-up means, such as a camera, constant-rate [every] yaw rotation, pitch rotation, or approximately, for example. And by processing this acquired depth map, the three-dimensions coordinate value for

every depth map of that of each pixel is calculated, and calibration value is obtained from this three-dimensions coordinate value calculated.

[0007] Since the conversion table (look-up table) of the 256 steps of distance information and the three-dimensions coordinate value which were replaced with the light-and-darkness information on each pixel by rotation of the object for proofreading and order migration is created according to this invention, generating of the error by binarization processing [as / in what extracts the conventional grid line by the image processing] can be eliminated, and a highly precise calibration can be realized.

[0008] In this invention, while facing processing the depth map picturized by said image pick-up means and setting up the median value around a specific pixel as a depth map of the pixel about one image, it is desirable to carry out a multiple-times setup of the depth map obtained in this way in each location, and to set up the median value of these multiple times as correction value of the depth map of the pixel. By carrying out like this, even when the pixel value of an acquisition image is distorted by the scattered reflection of the front face of the object for proofreading etc., a noise can be removed and smoothing processing of an acquisition image can be performed, and it becomes possible to perform a highly precise calibration.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Next, it explains about the concrete example of the calibration approach by this invention, referring to a drawing.

[0010] The system configuration Fig. of the three-dimensions metering device applied to one example of this invention at drawing 1 is shown. The measurement plate 1 as an object for proofreading which the three-dimensions metering device of this example consists of with a plain plate, The measurement plate migration equipment 2 made to move this measurement plate 1 to a request location, and the measurement plate control unit 3 which controls this measurement plate migration equipment 2, It has the three-dimensions visual sensor 4 formed by carrying out opposite grade to said measurement plate 1, and the computer 5 which saves and processes the depth map acquired by said three-dimensions visual sensor 4 according to the migration location of said measurement plate 1 while controlling said measurement plate control unit 3.

[0011] Said measurement plate migration equipment 2 is equipped with direct-acting slider 2a and GONIO slewing-gear 2c prepared through rotary table 2b on this direct-acting slider 2a, and the measurement plate 1 is constituted by this movable to the three-dimensions visual sensor 4 yaw rotation (rotation of the circumference of a vertical revolving shaft), pitch rotation (rotation of the circumference of a level revolving shaft), and approximately. Moreover, said three-dimensions visual sensor 4 equips the front face of the measurement plate 1 with the laser radiation section which irradiates a laser beam (coding pattern light), and the CCD camera as an image pick-up means to picturize the reflected light from the front face of this measurement plate 1, and the image acquired by this CCD camera is sent to a computer 5. In this way, the depth map in each moving point is acquired with the three-dimensions visual sensor 4, moving the measurement plate 1 a constant rate every based on the control signal from a computer 5.

[0012] It is bright in a near place, and it transposes to light-and-darkness information, and, as for this three-dimensions visual sensor 4, a far and near distance of the three-dimensions visual sensor 4 and the measurement plate 1 concerned is outputted to it as a distant place is displayed darkly. And it is taught when with what kind of three-dimensions coordinate the value which shows this light and darkness deals in fact carries out a calibration.

[0013] Next, the calibration approach in this example is explained according to the flow chart shown in drawing 2 thru/or drawing 14 R> 4, referring to drawing 15 thru/or drawing 18 .

[0014] First, drawing 2 R> 2 thru/or drawing 6 explain the flow for creating the look-up table of the direction of X which stores the location data of the direction of X.

[0015] the S1:three-dimensions visual sensor 4 -- receiving -- all the shafts of the migration shaft of the measurement plate 1 -- in other words, each shaft of a vertical revolving shaft (Y-axis), a level revolving shaft (X-axis), and an order migration shaft (Z-axis) is moved to the zero as metrics.

S2: In order to acquire the depth map data of the direction of X, as shown in drawing 15 R> 5 (a), to the

three-dimensions visual sensor 4, give the include angle of +30 degrees to +30 degrees, i.e., a vertical, and install the measurement plate 1 in the circumference of a vertical revolving shaft.

[0016] S3-S5: Acquire the depth map data of the measurement plate 1 with the CCD camera of the three-dimensions visual sensor 4, and in order to remove the noise according this acquisition image to reflection of the front face of the measurement plate 1 etc., a median filter (smoothing filter) amends. In addition, this median filter replaces the concentration value of the pixel which should be measured with the median value (median) of the near field (for example, 3x3) of that pixel. And this processing is repeated until it acquires the image in each location 3 times.

[0017] S6-S7: If 3 times of depth maps are acquired in each location, the value of the same pixel will be compared, that median value (median) will be calculated, and this median value will be set up as a final depth map. Then, this obtained depth map is written in the depth map file in the storage in a computer 5.

[0018] S8 - S9: Only constant pitch (for example, 0.1mm) can shift the measurement plate 1 order location back, acquire depth map data like the above-mentioned, repeat acquisition of this data by all depth map files (1500 times), and write in depth map file xp0.ckd-xp1499.ckd at the time of forward rotation of the X-axis. In this way, all the depth map data at the time of forward rotation of the X-axis in 75mm - 125mm measuring range are acquired, for example.

[0019] As shown in S10 - S11:, next drawing 15 (b), while giving the include angle of -30 degrees to a vertical and installing the measurement plate 1 in it to the three-dimensions visual sensor 4, this measurement plate 1 is returned to a cross direction to a home position.

[0020] S12-S18: Perform the same processing as the above-mentioned S3 - S9, for example, acquire all the depth map data at the time of negative rotation of the X-axis in 75mm - 125mm measuring range, and write this acquisition data in depth map file xn0.kmt-xn1499.kmt at the time of negative rotation of the X-axis.

[0021] S19: In order to create the look-up table of the direction of X, perform initial setting first. In this initial setting, an indeterminate value is set as lut-x (at the time of forward rotation of the X-axis) and lut-w (at the time of negative rotation of the X-axis) which show the X coordinate of a look-up table. S20-S22: Read depth map file xp0.kmt to xp1499.kmt at the time of forward rotation of the X-axis created as mentioned above.

[0022] S23-S26: Since a break exists in the depth map data obtained depending on the method of installation of the measurement plate 1 and that data serves as a noise, perform processing for eliminating this noise. Namely, it compares with the image data in front of one first for every pixel of depth map ixj (i ; 256 pixels, j ; 242 pixels). For example, image data xp.kmt of the value of the pixel of the n line m train of image data xp10.kmt and the location in front of one of them is the same, and the value of the pixel of a n line m train is compared. when the difference of the value of the pixel of order is 128 or more, in order for that pixel to be in less than 50mm from a head, and to make this data into an invalid -- lut- of the location of that pixel -- $x[m], [n], [0]$ - lut- the value of $x[m], [n]$, and [255] is made into an indeterminate value.

S27-S28: When the value of lut-x of a pixel value is an indeterminate value, set up the migration length when photographing the file read into lut-x of the pixel. Here, it will become movement magnitude, if the part of alpha of xpalpha.kmt of a file expresses the order of a file and hangs 0.1 on alpha of this file number (alpha0.1mm). Thereby, the location of the code value which appeared in the beginning of each pixel is memorized by lut-x.

[0023] S29: Process S23-S28 about all pixels (i ;256 pixel and j ; 242 pixels).

S30: Check whether processing has been made about all depth map file xp0.kmt-xp1499.kmt(s).

[0024] S31-S41: Perform processing (S20-S28) in depth map file xp0.kmt-xp1499.kmt at the time of forward rotation of the above-mentioned X-axis, and same processing about depth map file xn0.kmt-xn1499.kmt at the time of negative rotation of the X-axis, and set up the pixel location read into lut-w of each pixel.

[0025] S42-S49 : about the value (Z ;0-255) which the pixel of each pixel has As relative-distance $in=lut-w[j], [i],$ and $[z]$ of $ip=lut-x[i], [j], [z]$, and Z shaft orientations from the initial valve position at

the time of X-axis negative rotation, the relative distance of Z shaft orientations from the initial valve position at the time of X-axis forward rotation. An assignment pixel value sets the location found first as them ip and in. And when these [ip and in] are not indeterminate values, the X coordinate to the pixel value of the location is computed by the degree type.

$X = (ip - in) / (2 \times \tan \theta)$ It sets at this ** ceremony and (ip-in) expresses the difference of the image location at the time of X-axis forward rotation, and the image location at the time of X-axis negative rotation as shown in drawing 16 whenever [tilt-angle / of the **theta:measurement plate 1]. Therefore, the X coordinate showing the same pixel value at the time of forward rotation of the measurement plate 1 and negative rotation of Point A is expressed with ** type. In addition, the X coordinate of this point A is stored in memory lut-x [i], [above-mentioned j], and above-mentioned [z] for saving of memory. On the other hand, when ip or in is an indeterminate value, an indeterminate value is set as memory lut-x [j], [i], and [z].

[0026] S50: Process above-mentioned S42-above-mentioned S49 about all pixels (i; 256 pixels and j; 242 pixels), complete the look-up table of the direction of X, and end a flow.

[0027] Next, the look-up table of the direction of Y which stores the location data of the direction of Y is created according to each step of T1-T44 shown in drawing 7 thru/or drawing 11.

[0028] The flow for look-up table creation of this direction of Y As shown in drawing 17 (a) and (b) By what (step T2, T10 reference) the include angle of **20 degrees is given and the measurement plate 1 is horizontally installed for Except acquiring the depth map data of the direction of Y, and writing the depth map data in depth map file yp0.kmt-yp1499.kmt and yn0.kmt-yn1499.kmt, it is the same as that of the processing in each step of S1-S50 shown in drawing 2 thru/or drawing 6. Therefore, suppose that explanation is omitted about the contents of a detail of this flow.

[0029] Then, drawing 12 thru/or drawing 14 explain the flow for creating the look-up table of the Z direction which stores the location data of a Z direction.

[0030] the U1:three-dimensions visual sensor 4 -- receiving -- all the shafts of the migration shaft of the measurement plate 1 -- in other words, each shaft of a vertical revolving shaft (Y-axis), a level revolving shaft (X-axis), and an order migration shaft (Z-axis) is moved to the zero as metrics.

[0031] U2-U4: Acquire the depth map data of the measurement plate 1 with the CCD camera of the three-dimensions visual sensor 4, and a median filter (smoothing filter) amends this acquisition image. And this processing is repeated until it acquires the image in each location 3 times.

[0032] U5-U6: If 3 times of depth maps are acquired in each location, the value of the same pixel will be compared, that median value (median) will be calculated, and this median value will be set up as a final depth map. Then, this obtained depth map is written in the depth map file in the storage in a computer 5.

[0033] U7-U8: Only constant pitch (for example, 0.1mm) can shift the measurement plate 1 order location back, acquire depth map data like the above-mentioned, repeat acquisition of this data by all depth map files (1000 times), and write in depth map file z0.kmt-z999.kmt of the Z-axis. In this way, all the depth map data of the Z-axis in 100mm - 200mm measuring range are acquired, for example.

[0034] U9: In order to create the look-up table of a Z direction, perform initial setting first. In this initial setting, an indeterminate value is set as lut-z which shows the Z coordinate of a look-up table.

U10-U11: Read pixel location z0.kmt of the depth map file of the Z-axis created as mentioned above.

[0035] U12-U15: Perform processing for eliminating the noise of the depth map data obtained like steps S23-S26 of drawing 2 thru/or drawing 6. That is, as compared with the image data in front of one, that pixel is in less than 50mm from a head first at each pixel (i; 256 pixels, j; 242 pixels) of every [of i and j], and when the difference of the pixel of order is 128 or more, in order to make this data into an invalid, the value of lut-z of that pixel is made into an indeterminate value.

U16-U17: When the value of lut-z of a pixel value is an indeterminate value, set up the migration length when photographing the file read into lut-z of the pixel. Thereby, the location of the code value which appeared in the beginning of each pixel is memorized by lut-z.

[0036] U18: Process U11-U17 about all pixels (i;256 pixel and j; 242 pixels).

U19: Check whether processing has been made about all depth map file z0.kmt-z999.kmt(s).

[0037] U20-U25: An assignment pixel value sets the location found first as these $i = \text{lut-z}[j]$, $[i]$, and $[z]$ about the value ($Z; 0-255$) which the pixel of each pixel has. And when this i is not an indeterminate value, the Z coordinate to the pixel value of that location is computed by storing the value of this i in $\text{lut-z}[j]$, $[i]$, and $[z]$. On the other hand, when i is an indeterminate value, it checks whether they are all pixel values, and returns to step U22.

[0038] U26: Process above-mentioned U22-above-mentioned U25 about all pixels (i ; 256 pixels and j ; 242 pixels), complete the look-up table of a Z direction, and end a flow.

[0039] according to this example, since the conversion table (look-up table) of the light-and-darkness information on each pixel and a three-dimensions coordinate value is created using a plain plate, the conventional grid line can be markedly boiled compared with what is extracted by the image processing, and highly precise-ization can be attained.

[0040] In this example, although it shall face processing a depth map and shall amend using a median value, the average can also be used and amended instead of this median value. Moreover, it is also possible to carry out combining amendment by these medians value and amendment by the average value as a median value performs 1st amendment and an average value performs 2nd amendment.

[0041] In this example, although what irradiates coding pattern light at a measurement plate, and acquires a three dimensional image was explained, it cannot be overemphasized that this invention is applicable also to what acquires a three dimensional image with two cameras.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Irradiate light on the surface of a device under test with a floodlighting means, and the reflected light is picturized with an image pick-up means. It is the calibration approach in the three-dimensions metering device which measures the location of said device under test based on the principle of triangulation from the information on this reflected light picturized. The depth map in each moving point when moving the object for proofreading to said image pick-up means yaw rotation, pitch rotation, and approximately is picturized with said image pick-up means. The calibration approach characterized by processing this picturized depth map, calculating the three-dimensions coordinate value for said every depth map of each pixel, and obtaining calibration value from this three-dimensions coordinate value calculated.

[Claim 2] The calibration approach according to claim 1 of carrying out a multiple-times setup of the depth map obtained in this way in each location, and setting up the median value of these multiple times as correction value of the depth map of the pixel while facing processing the depth map picturized by said image pick-up means and setting up the median value around a specific pixel as a depth map of the pixel about one image.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the system configuration Fig. of the three-dimensions metering device concerning one example of this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of X] **.

[Drawing 3] Drawing 3 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of X] **.

[Drawing 4] Drawing 4 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of X] **.

[Drawing 5] Drawing 5 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of X] **.

[Drawing 6] Drawing 6 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of X] **.

[Drawing 7] Drawing 7 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of Y] **.

[Drawing 8] Drawing 8 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of Y] **.

[Drawing 9] Drawing 9 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of Y] **.

[Drawing 10] Drawing 10 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of Y] **.

[Drawing 11] Drawing 11 is flow chart [for creating the look-up table of the direction of Y] **.

[Drawing 12] Drawing 12 is flow chart [for creating the look-up table of a Z direction] **.

[Drawing 13] Drawing 13 is flow chart [for creating the look-up table of a Z direction] **.

[Drawing 14] Drawing 14 is flow chart [for creating the look-up table of a Z direction] **.

[Drawing 15] Drawing 15 is the migration condition explanatory view of the measurement plate for depth map acquisition of the direction of X.

[Drawing 16] Drawing 6 is the count approach explanatory view of the depth map data of the direction of X.

[Drawing 17] Drawing 17 is the migration condition explanatory view of the measurement plate for depth map acquisition of the direction of Y.

[Drawing 18] Drawing 18 is the migration condition explanatory view of the measurement plate for depth map acquisition of a Z direction.

[Drawing 19] Drawing 19 is the conventional calibration approach explanatory view.

[Description of Notations]

1 Measurement Plate

2 Measurement Plate Migration Equipment

2a Direct-acting slider

2b Rotary table

2c GONIO slewing gear

3 Measurement Plate Control Unit

4 Three-Dimensions Visual Sensor

5 Computer

[Translation done.]

* NOTICES *

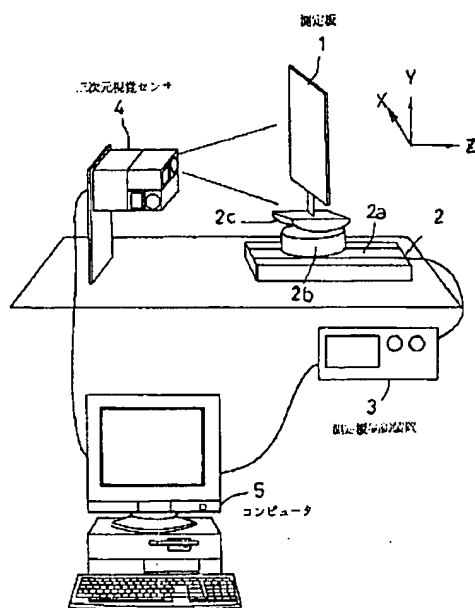
JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

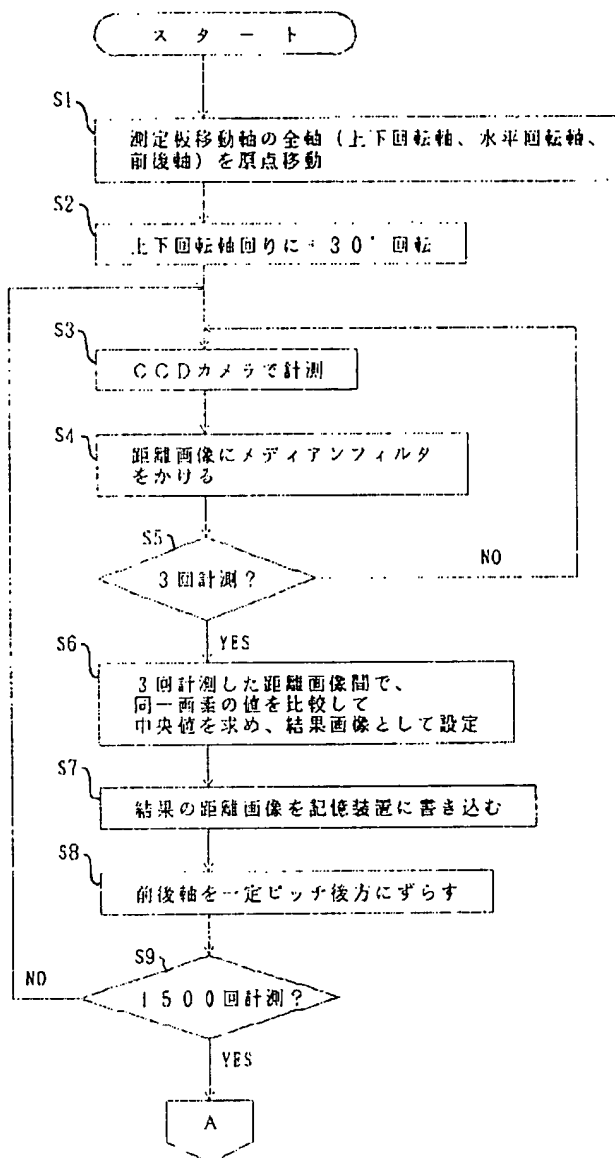
[Drawing 1]

本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図



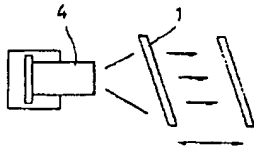
[Drawing 2]

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑩

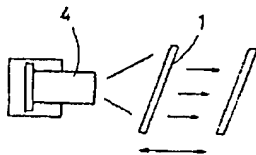


[Drawing 15]

X方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



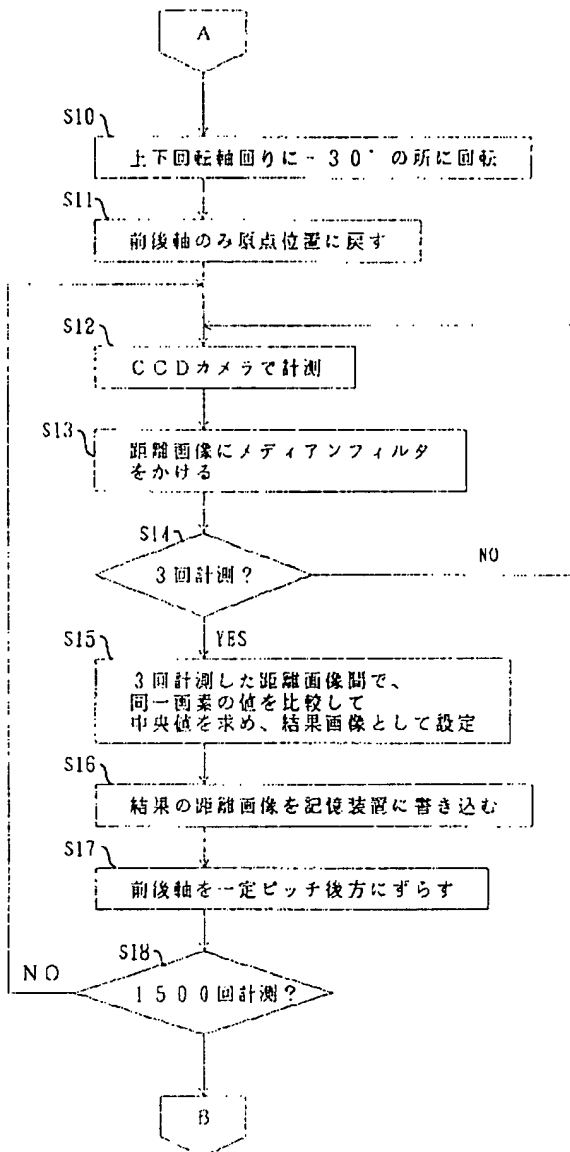
(a)



(b)

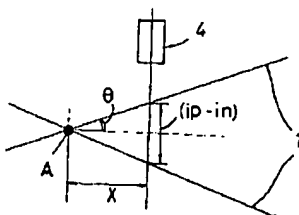
[Drawing 3]

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



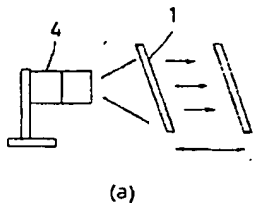
[Drawing 16]

X方向の距離画像データの計算方法説明図

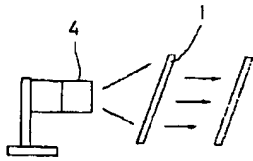


[Drawing 17]

Y方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



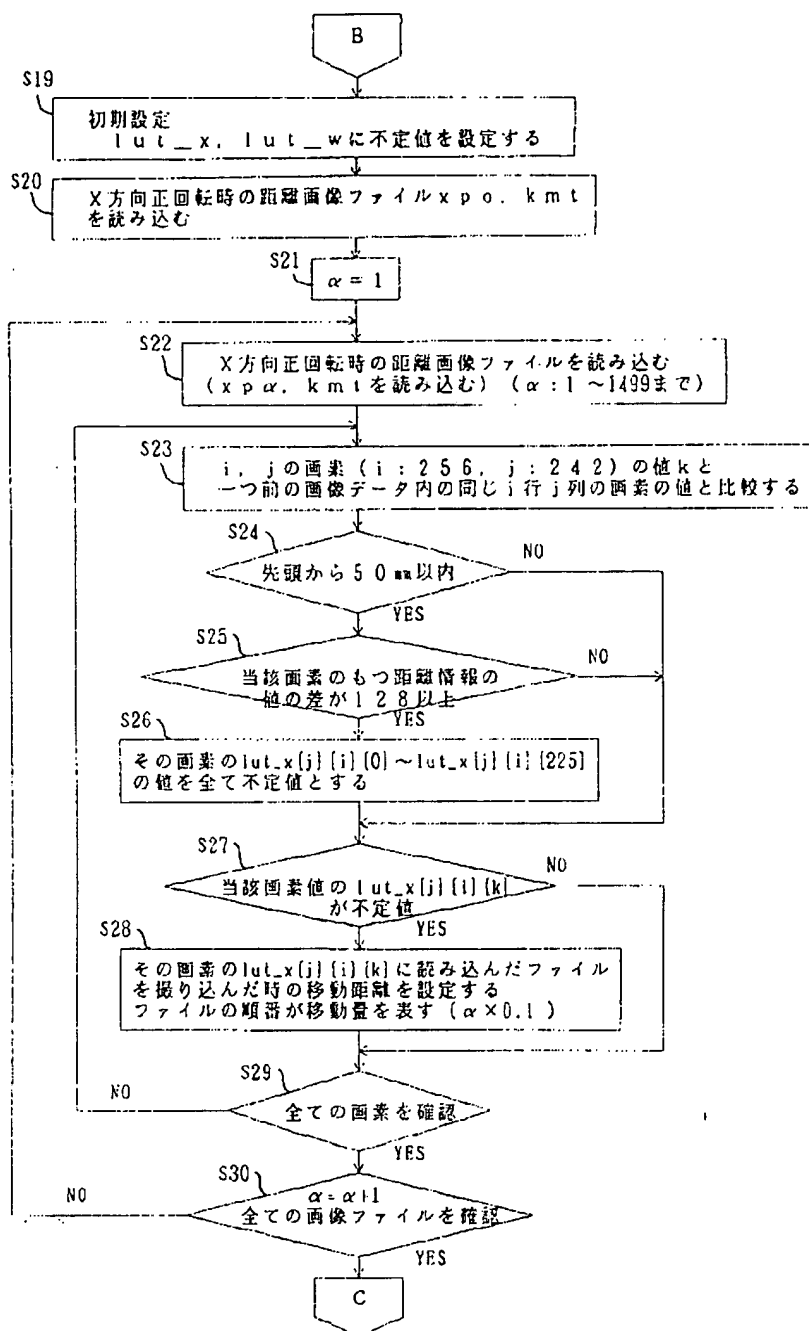
(a)



(b)

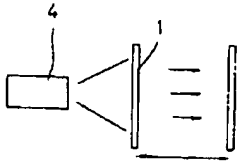
[Drawing 4]

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



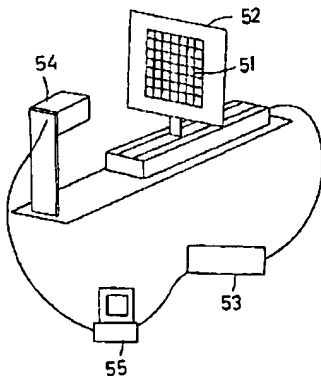
[Drawing 18]

Z方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



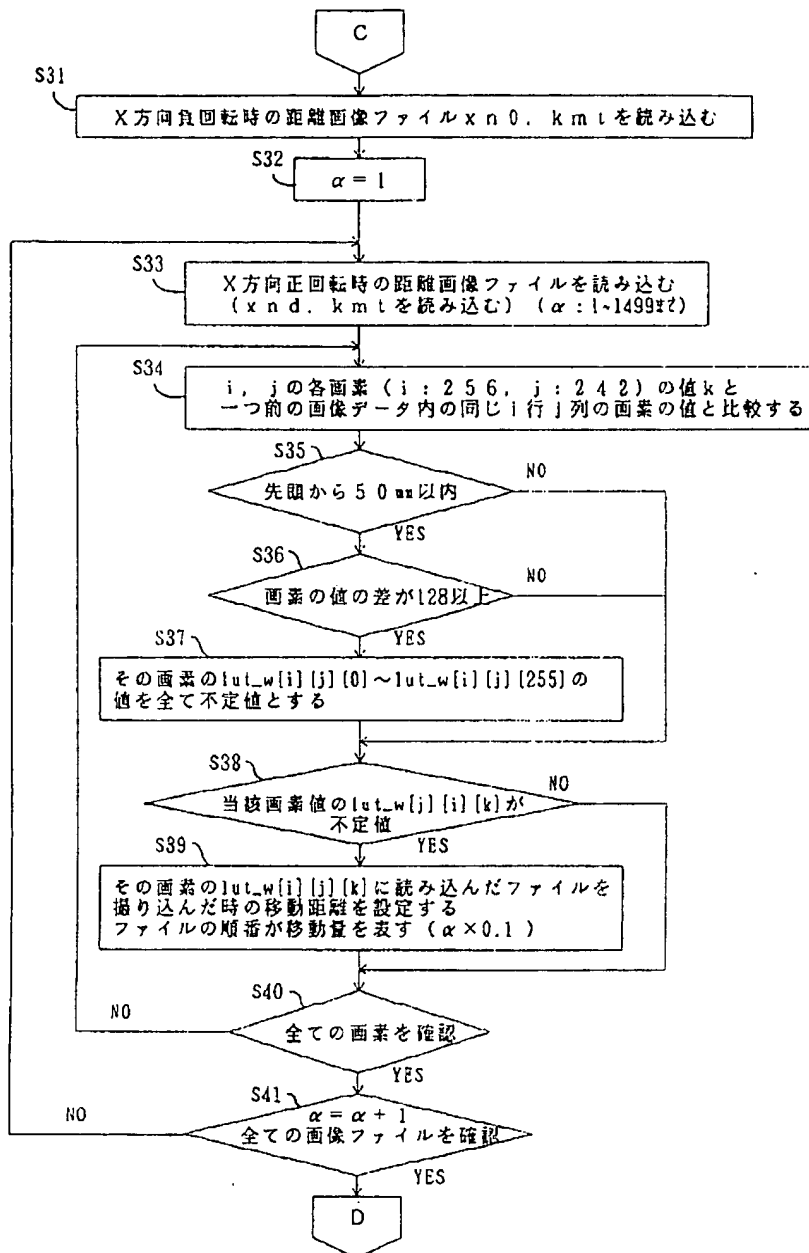
[Drawing 19]

従来のキャリブレーション方式説明図



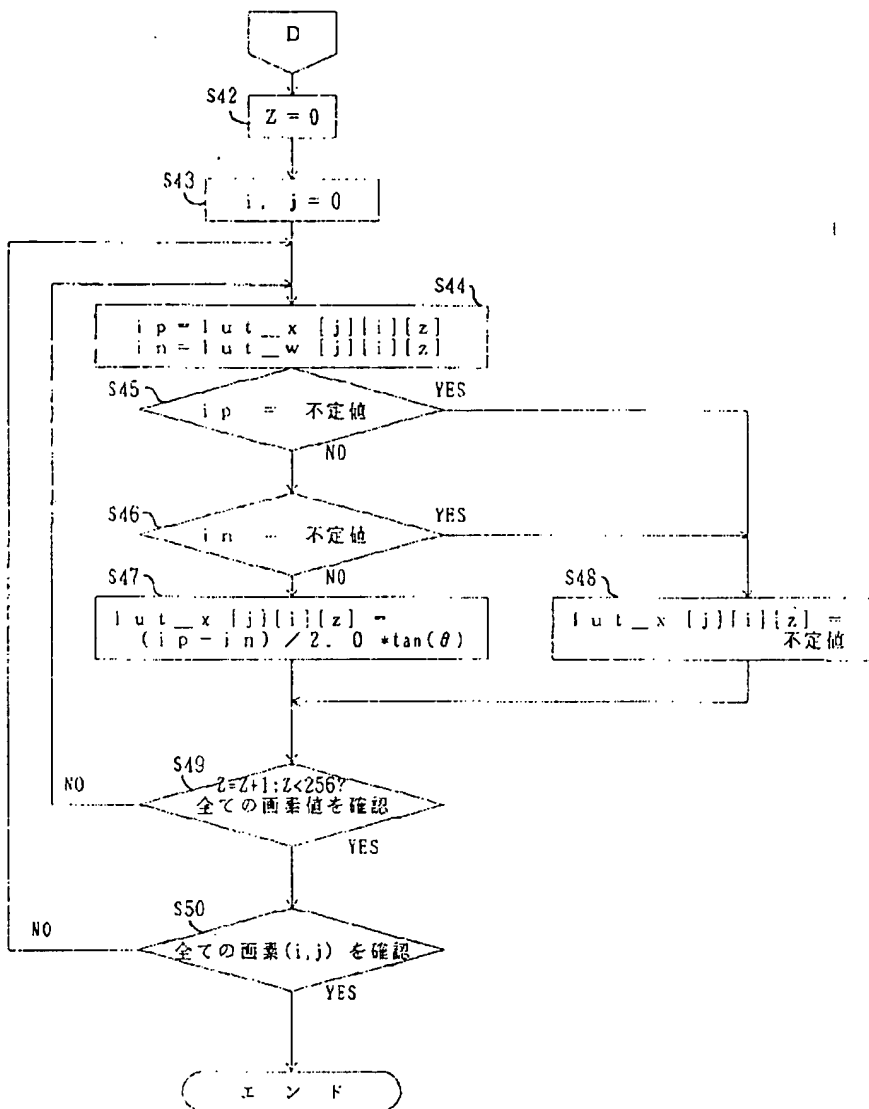
[Drawing 5]

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④



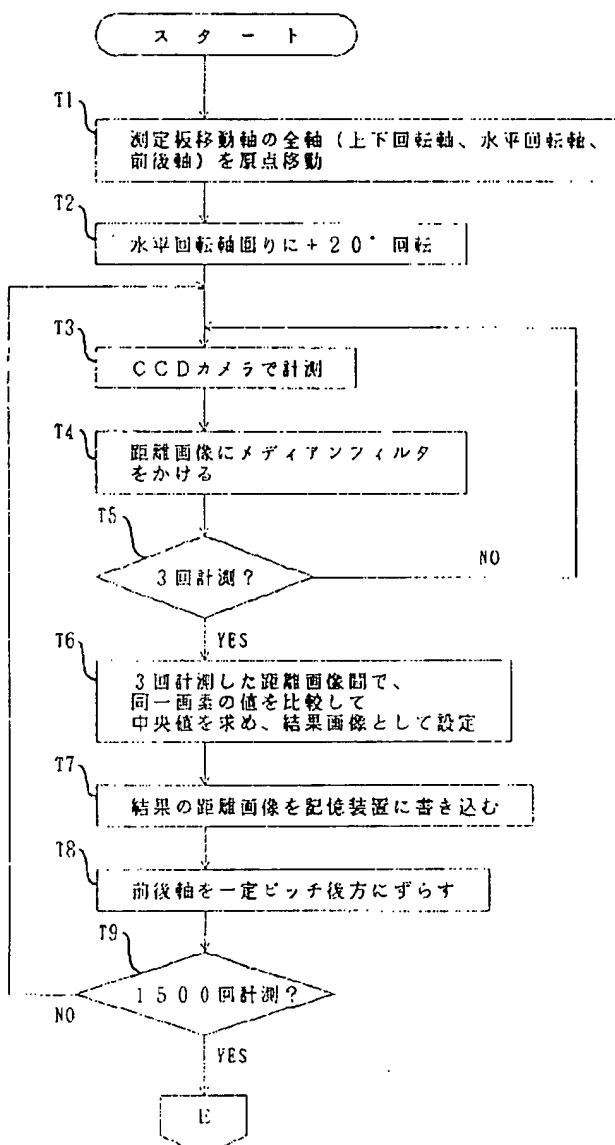
[Drawing 6]

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



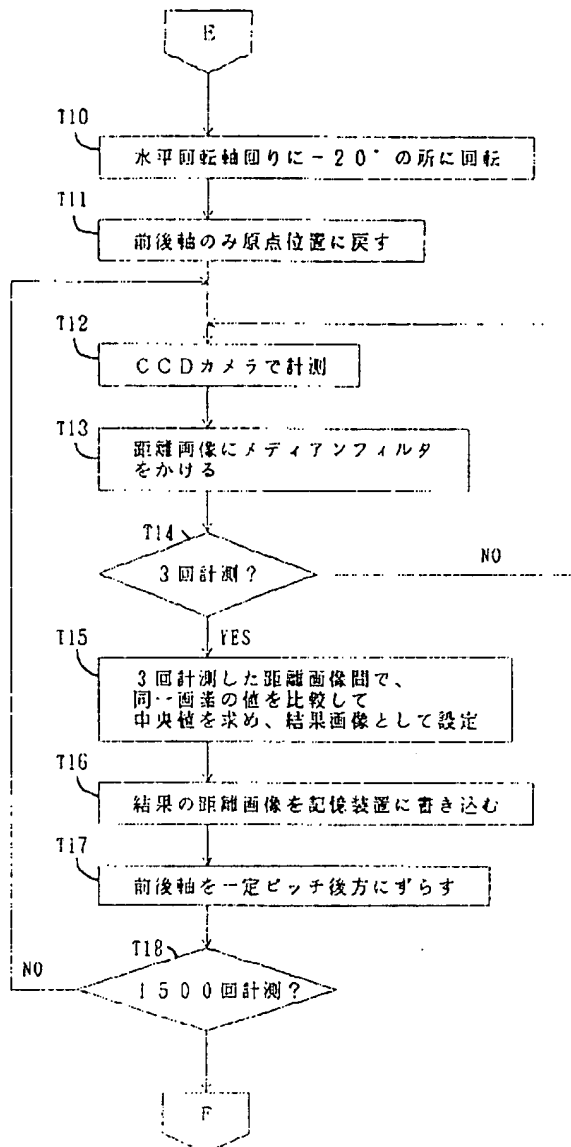
[Drawing 7]

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



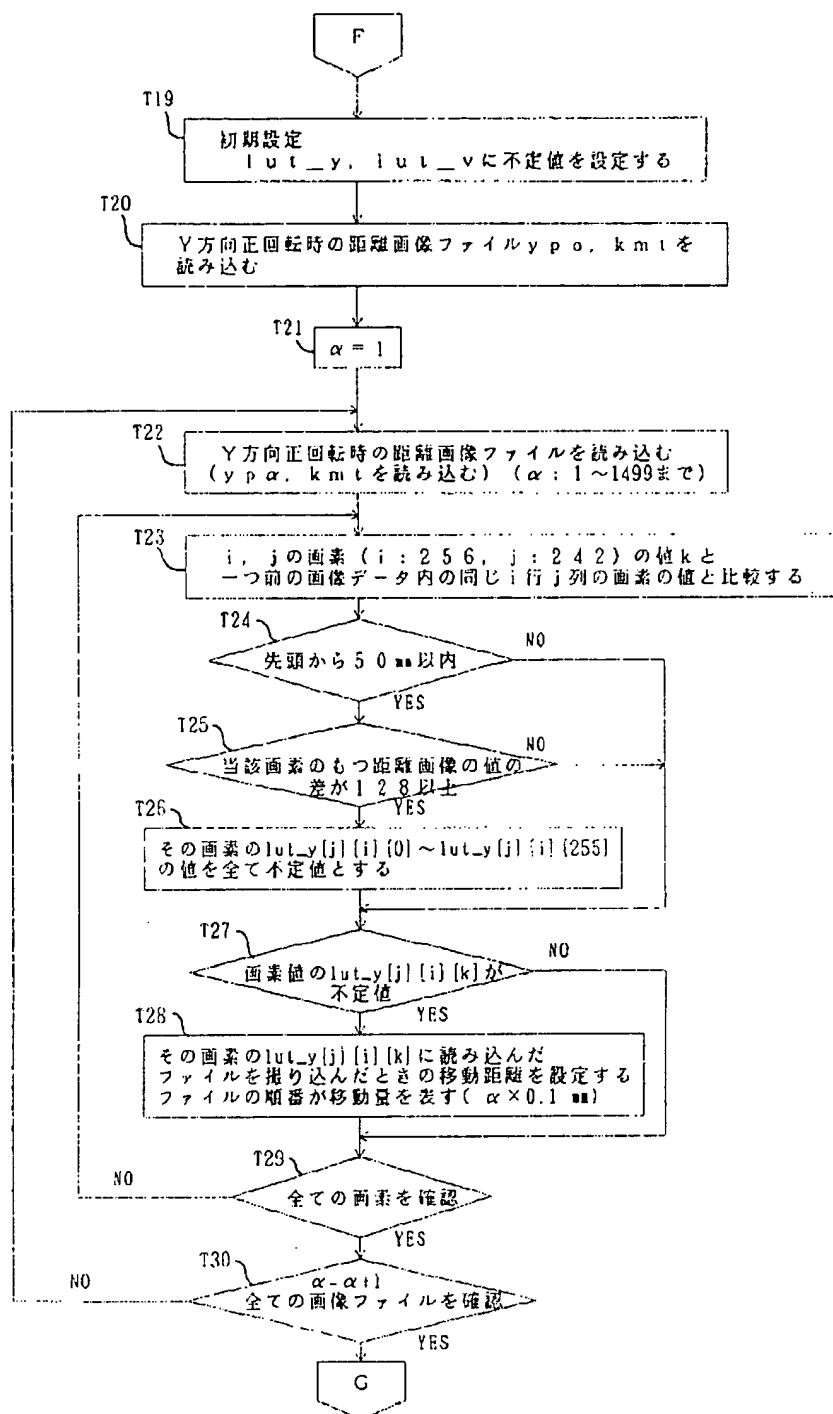
[Drawing 8]

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



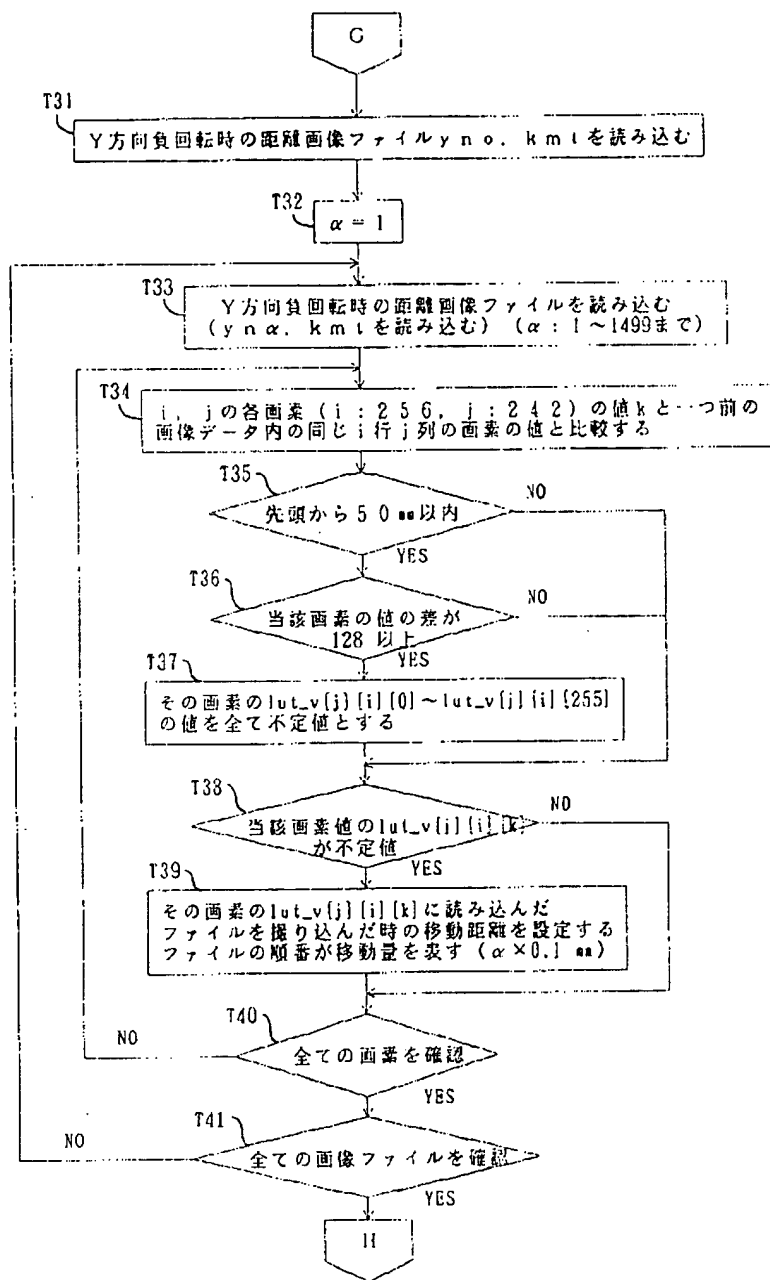
[Drawing 9]

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④



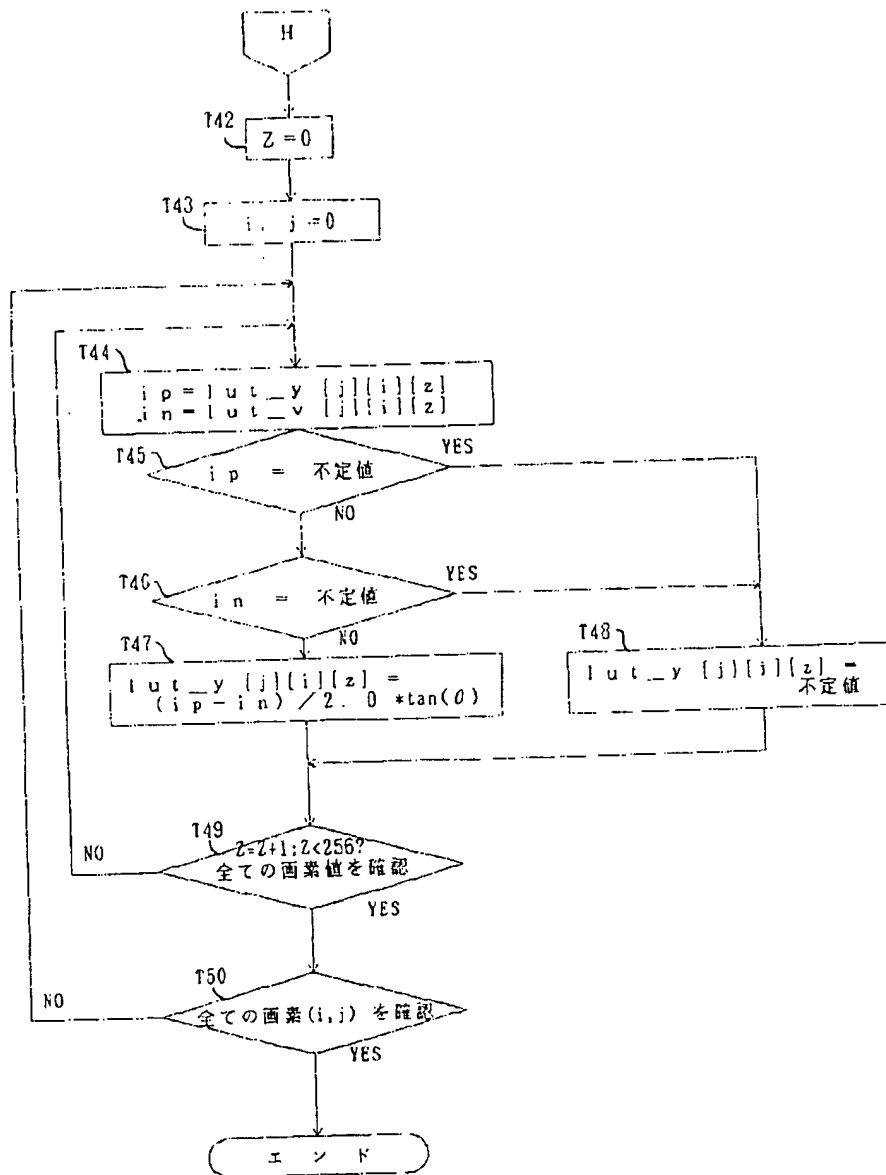
[Drawing 10]

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④



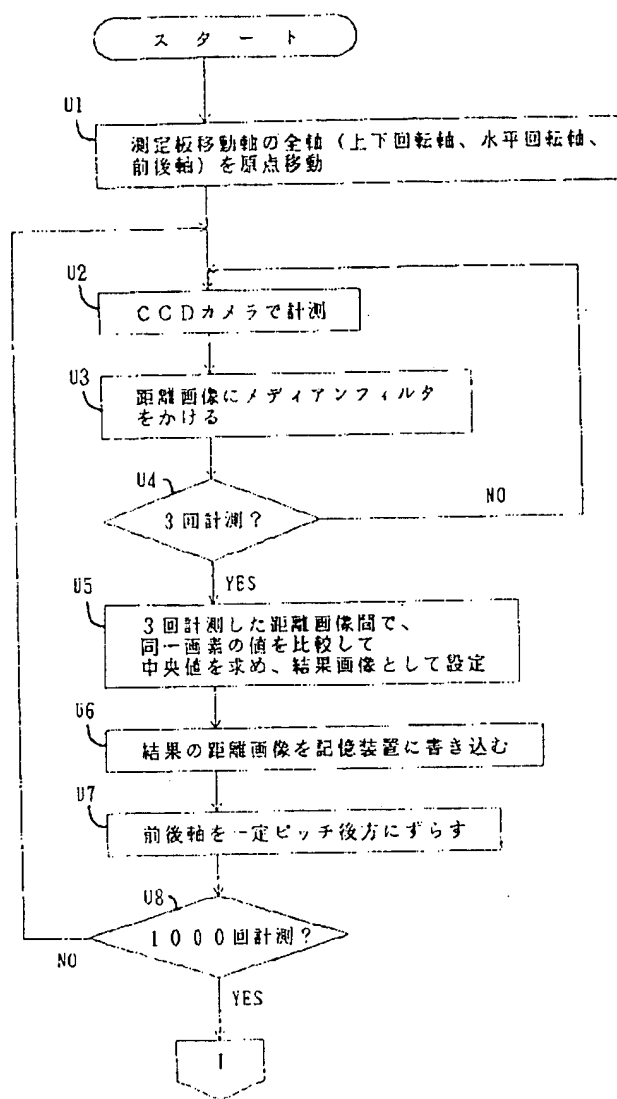
[Drawing 11]

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



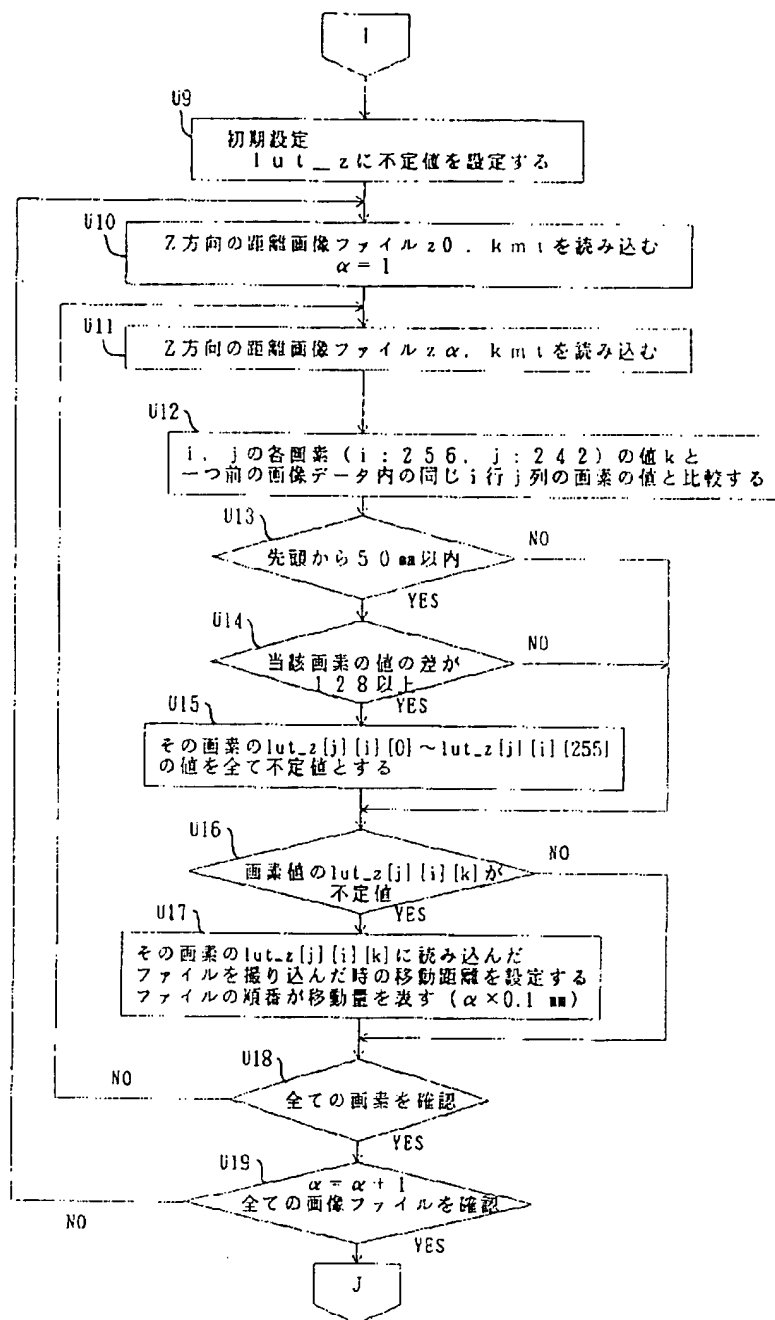
[Drawing 12]

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



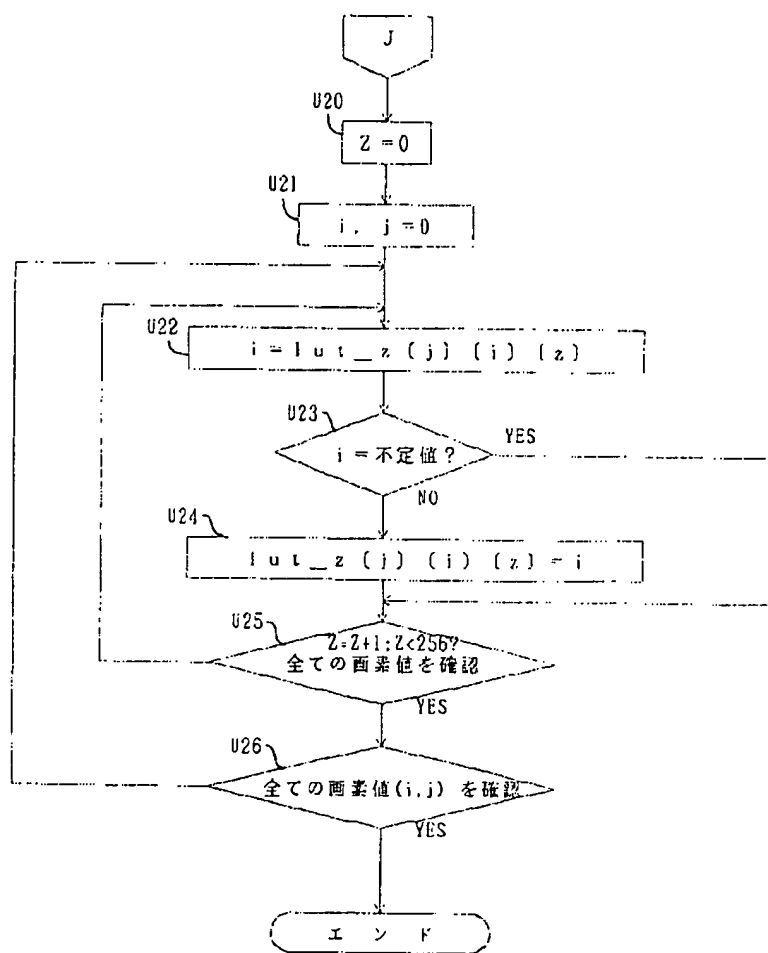
[Drawing 13]

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



[Drawing 14]

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



[Translation done.]